

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO AL
ALTERARSE EL CONFINAMIENTO LATERAL Y EL
NIVEL FREÁTICO, PROVINCIA DE CHICLAYO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

OSCAR ANTONIO TENORIO BARRAGÁN

CHICLAYO, AGOSTO DEL 2018

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL
SUELO AL ALTERARSE EL CONFINAMIENTO
LATERAL Y EL NIVEL FREÁTICO, PROVINCIA
DE CHICLAYO**

PRESENTADA POR:

TENORIO BARRAGÁN OSCAR ANTONIO

**A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo**

Para optar el título de:

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

ING. JUAN IGNACIO LUNA MERA

PRESIDENTE

ING. EDUARDO ANTONIO LARREA WONG

SECRETARIO

ING. ANIBAL TEODORO DIAZ ORREGO

ASESOR

ÍNDICE

| | | |
|---------------|--|-----------|
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. | MARCO TEÓRICO | 2 |
| 2.1. | Base Teóricas Científicas | 2 |
| 2.1.1. | Suelo | 3 |
| 2.1.2. | Fases y componentes del suelo | 4 |
| 2.1.3. | Propiedades Físicas y Químicas | 7 |
| III. | MATERIAL Y MÉTODOS | 13 |
| 3.1. | Diseño de Investigación | 13 |
| 3.2. | Hipótesis | 13 |
| 3.3. | Diseño de contrastación | 13 |
| 3.3.1. | Variables | 13 |
| 3.3.2. | Indicadores | 14 |
| 3.3.3. | Población y Muestra | 14 |
| 3.3.4. | Métodos | 15 |
| 3.3.5. | Técnicas de recolección de datos | 24 |
| 3.3.6. | Técnica de procesamiento de datos | 24 |
| 3.4. | Metodología | 25 |
| IV. | RESULTADOS | 26 |
| 4.1. | Estado Natural | 27 |
| 4.1.1. | La Victoria | 27 |
| 4.1.2. | Pimentel | 32 |
| 4.1.3. | Clasificación | 37 |
| 4.2. | Estado de Alteración del Nivel Freático | 37 |
| 4.2.1. | Arena | 37 |
| 4.2.2. | Arcilla | 37 |
| 4.3. | Estado de Alteración Nivel freático más Confinamiento Lateral | 38 |
| 4.3.1. | Arena | 38 |
| 4.3.2. | Arcilla | 38 |
| 4.4. | Estado de Alteración de Confinamiento Lateral | 38 |
| 4.4.1. | Arena | 38 |
| 4.4.2. | Arcilla | 39 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.5. | Trabajo de Aplicación..... | 39 |
| 4.5.1. | Estado de Alteración Nivel Freático..... | 39 |
| 4.5.2. | Estado de Alteración Nivel Freático más Confinamiento Lateral | 40 |
| 4.5.3. | Estado de Alteración Confinamiento Lateral | 40 |
| 4.6. | Parámetro de variación. Resultados promedios | 41 |
| 4.6.1. | Arena..... | 41 |
| 4.6.2. | Arcilla..... | 43 |
| V. | DISCUSIÓN | 46 |
| 5.1. | Alteración del nivel freático | 46 |
| 5.2. | Alteración de confinamiento lateral | 46 |
| 5.3. | Alteración de nivel freático y confinamiento lateral | 47 |
| VI. | CONCLUSIONES | 48 |
| VII. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 49 |
| VIII. | ANEXOS..... | 50 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| TABLA N° 1. VALORES EMPÍRICOS DE Q_u Y CONSISTENCIA DE SUELOS COHESIVOS, RELACIONADOS CON EL NÚMERO DE GOLPES, N, DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) | 11 |
| TABLA N° 2. RELACIÓN DE CONSISTENCIA CON RESPECTO A LÍMITE LÍQUIDO | 12 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA N° 1. ESQUEMA DE UNA MUESTRA DE SUELO..... | 5 |
| FIGURA N° 2. UNIDAD BÁSICA SILÍCICA Y LÁMINA SILÍCICA | 9 |
| FIGURA N° 3. UNIDAD BÁSICA ALUMÍNICA Y LÁMINA ALUMÍNICA..... | 9 |
| FIGURA N° 4. ESTRUCTURAS DE LAS ARCILLAS..... | 11 |
| FIGURA N° 5. SATURACIÓN PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO | 15 |
| FIGURA N° 6. LAVADO DEL SUELO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO | 16 |
| FIGURA N° 7. MUESTRAS SECAS PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE SUELOS | 16 |
| FIGURA N° 8. TAMICEZ PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | 17 |
| FIGURA N° 9. MUESTRA ALTERADAS PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD | 18 |
| FIGURA N° 10. PREPARACIÓN PARA EL ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA.... | 19 |
| FIGURA N° 11. MUESTRA DEPOSITADA EN FIOLA CON AGUA DESTILADA | 20 |
| FIGURA N° 12. MUESTRA DECANTADA EN FIOLA CON AGUA DESTILADA..... | 20 |
| FIGURA N° 13. MUESTRA TAMIZADA PARA EL ENSAYO DE LÍMITES DE ATTEMBERG..... | 21 |
| FIGURA N° 14. MUESTRAS DE LAS DIFERENTES CALICATAS Y ESTRATOS PARA SU RESPECTIVO ANÁLISIS | 22 |
| FIGURA N° 15. MUESTRA TRITURADA PARA SU RESPECTIVO TAMIZADO | 22 |
| FIGURA N° 16. ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO..... | 23 |
| FIGURA N° 17. ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO | 23 |

RESUMEN

La presente investigación corresponde al estudio de las propiedades del suelo cuando se altera su confinamiento lateral y nivel freático en la provincia de Chiclayo, teniendo en cuenta que el arrastre de finos por diferentes circunstancias podría tener consecuencias en las propiedades del suelo, es así que es muy probable que repercuta en las características del suelo para su uso ingenieril, por lo que se busca conocer cuál es rango o parámetro en que varía dichas propiedades.

El estudio se basó en el análisis de diez calicatas abarcando dos distintos suelos (suelo blando y suelo granular) y comparando estos mismos resultados con los estudios en un estado de alteración.

PALABRAS CLAVE:

Nivel freático, propiedades, suelo blando, suelo granular.

ABSTRACT

The present investigation corresponds to the study of the properties of the soil when it is altered its lateral confinement and water level in the province of Chiclayo, taking into account that the drag of fines by different circumstances could have consequences on the properties of the soil, it is so Very likely to affect the characteristics of the soil for its engineering use, so it is sought to know the range or parameter in which these properties vary.

The study was based on the analysis of ten pits comprising two different soils (soft soil and granular soil) and comparing these same results with the studies in a state of alteration.

KEYWORDS

Phreatic level, properties, soft soil, granular soil.

I. INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo el estudio del suelo se ha basado en las tradicionales teorías que vienen perdurando año tras año, dando a entender que las teorías que se manejan son concluyentes, y no incentivan a la investigación para mejorar dichas teorías.

Hoy por hoy nos podemos proyectar a las reacciones que podría darse en diferentes circunstancias cuando se trabaja con el suelo, pero es una estimación no regularizada llevando a realizar trabajos empíricos para el buen uso del suelo.

Los parámetros de propiedades del suelo se han establecido por numerosos estudios, es por eso que podemos comprender su comportamiento del suelo en las distintas formas como la podemos encontrar, bien sea una arcillas con tal grado de saturación o bien encontremos una mezcla de arena y arcilla.

Dado a que podemos saber que en el suelo se produce un arrastre de finos cuando se presenta una alteración en el nivel freático, podemos anticiparnos que dichas propiedades iniciales del suelo han sido modificadas. Por este motivo nos podemos preguntar por qué se sigue utilizando las propiedades iniciales del suelo para usos ingenieriles como base de pavimentación, terraplenes en carreteras, pendientes en presas hidráulicas, si sabemos que en dichas alteraciones de propiedades encontraremos otro comportamiento del suelo.

Es por eso que nace la interrogante ¿Cuáles son estos nuevos parámetros para las propiedades del suelo al haberse alterado el confinamiento lateral y nivel freático?

Y es que en los últimos años se resaltan más las pavimentaciones deterioradas por las lluvias, así también como deslizamiento de laderas en presas y hundimiento de cimentaciones.

En el **aspecto técnico**, dependerá de cómo los resultados se han alterado pudiendo mejorar o verse reducido las propiedades iniciales del suelo, y es que hipotéticamente se reduciría sus capacidades mecánicas.

En el **aspecto económico**, sería hipotéticamente más económicas las obras de ingeniería al utilizar nuevas teorías sobre las características del suelo; ya que sería más real el facto de seguridad utilizadas en el diseño.

En el **aspecto científico**, se obtendría el estudio más profundo del suelo con todas las circunstancias en las que podríamos encontrarla y así obtener parámetros más cercanos a la realidad, actualizando el diseño de toda aquella estructura con la que se necesita en trabajo especial en el suelo.

Ante ellos se maneja la siguiente hipótesis, la evaluación de las propiedades del suelo al alterarse el confinamiento lateral y nivel freático permitirá obtener parámetros más reales de cómo se modifican las propiedades iniciales del suelo a trabajar.

Siendo el objetivo general de esta investigación evaluar las propiedades del suelo en tres estados de alteración; alteración de confinamiento lateral, alteración de nivel freático y alteración del confinamiento lateral y nivel freático en simultaneo. Para ellos se plantea los siguientes objetivos específicos, realizar 10 estudios de suelos; 5 calicatas en el distrito de Pimentel asumiéndolo como suelo granular y 5 calicatas en el distrito de La Victoria asumiéndolo como suelo blando; determinar las propiedades índice y mecánicas de las 10 calicatas, determinar las propiedades índice y mecánicas de las 10 calicatas en los 3 estados de alteración, comparar los resultados obtenidos concluyendo en un parámetro sobre las modificaciones de las propiedades del suelo, realizar un modelamiento aplicado a 3 suelos similares a los puntos identificados iniciales, a este modelamiento se le aplicará los mismos estados de alteración y se corroborará el parámetro de cambio de propiedades para los suelos granulares y suelo blandos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Base Teóricas Científicas

- J. Abraham Díaz Rodríguez. Mecánica de suelos. Naturaleza y propiedades. México, 2013.

La mecánica de suelos es una disciplina fundamental para la ingeniería civil. La gran mayoría de las estructuras concebidas por el hombre descansan sobre el terreno donde se ubican; por tanto, el papel del suelo como material de cimentación y construcción ha sido siempre de gran importancia. Debido a la naturaleza variable y compleja del suelo, probablemente desde los tiempos prehistóricos hasta nuestros días, pocos problemas de construcción han requerido especial atención y tanta originalidad como los asociados al suelo.

La ingeniería geotécnica es la rama de la ingeniería civil que trata del estudio y la solución de los problemas relacionados con el comportamiento de suelos y rocas. La mecánica de suelos es la rama de la ingeniería geotécnica que estudia las propiedades y el comportamiento de los suelos.

- Juárez Badillo y Rico Rodríguez. Mecánica de suelos. Teoría y aplicación de la Mecánica de Suelos. México, 2011

Por resumir brevemente podría decirse que en mecánica de suelos, según la tendencia actual debida sobre todo Terzaghi, la teoría va después y no antes que la investigación de las propiedades reales del suelo por medio de exhaustiva investigación de laboratorio y que, por lo menos, es aceptada o rechazada en función de los resultados observados en las obras de ingeniería en que se aplique. Muchas de esas tendencias se observa también hoy en otras partes de la ingeniería, la teoría de las

estructuras, por ejemplo, y sería interesante elucubrar la influencia que Terzaghi, con su decisivo prestigio, haya podido tener en ese hecho. A medida que, durante el desarrollo de la Mecánica de suelos, fue aumentando el conocimiento empírico sobre los suelos se fue haciendo evidente que los resultados de las pruebas de laboratorio podían dar conclusiones erróneas a o ser que las muestras obtenidas del terreno fueran prácticamente inalteradas, es decir, que las propiedades del suelo, en toda su complejidad, se mantuviese en el espécimen extraído. Tales errores resultan particularmente graves, por el hecho de ir acompañados de la confianza del proyectista, que lógicamente confiara en los resultados obtenidos empíricamente.

- Braja M. Das. Fundamentos de Ingeniería geotécnica. México, 2013

En el sentido general de la ingeniería, suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas. El suelo se usa como material de construcción en diversos proyectos de ingeniería civil y sirve para soportar las cimentaciones estructurales. Por esto, los ingenieros civiles deben estudiar las propiedades del suelo, tales como origen, distribución granulométrica, capacidad para drenar agua, compresibilidad, resistencia cortante, capacidad de carga, y otras más

La mecánica de suelos es la rama de la ciencia que trata el estudio de sus propiedades físicas y el comportamiento de más de suelos sometidas a varios tipos de fuerzas. La ingeniería de suelos es la aplicación de los principios de la mecánica de suelos a problemas prácticos. La ingeniería geotécnica es la ciencia y practica de aquella parte de la ingeniería civil que involucra materiales naturales encontrados cerca de la superficie de la tierra. En sentido general, incluye la aplicación de los principios fundamentales de la mecánica de suelos y de la mecánica de rocas a los problemas de diseño de cimentaciones.

2.1.1. Suelo (Rodriguez Diaz 2014)

El suelo tiene una amplia gama de definiciones. De manera tradicional, se ha definido como suelo a los materiales terrosos orgánicos e inorgánicos que se encuentran en la zona o capa directamente encima de la corteza rocosa de nuestro planeta. Terzaghi y Peck (1967) definieron como suelo a todo agregado natural de partículas minerales separables por medios mecánicos de poca intensidad.

Por lo que respecta a este libro, suelo es un material natural particulado y multifásico. Es un material particulado porque está constituido por un sistema de partículas que varían en tamaño, desde micras hasta decenas de centímetros. Es multifásico porque puede estar compuesto de una fase sólida, una líquida y una gaseosa.

Las propiedades físicas del suelo, desde el enfoque de la mecánica de suelos, se pueden clasificar en tres grupos:

1. Propiedades índices.
2. Propiedades hidráulicas.
3. Propiedades mecánicas.

Las propiedades índices son todas aquellas utilizables para identificar o clasificar un suelo cualitativamente:

- Relación de vacíos.
- Peso unitario.
- Contenido de agua.
- Grado de saturación.
- Distribución granulométrica.
- Consistencia.
- Compacidad relativa.
- Otras.

Las propiedades índice se determinan en forma siempre, rápida y económica; no se requiere de instalaciones costosas, y con pocas excepciones, se determinan en muestras alteradas. Estas propiedades sirven para encuadrar a los suelos dentro de grupos en que las propiedades hidráulicas o mecánicas son burdamente similares.

Las propiedades hidráulicas y mecánicas son aquellas utilizables de manera directa en el análisis y diseño en ingeniería

2.1.2. Fases y componentes del suelo

2.1.2.1. Fases del suelo (Badillo Juarez y Rodríguez Rico 2011)

En un suelo se distinguen tres fases constituyentes: la sólida, la líquida y la gaseosa, la fase sólida está formada por las partículas minerales del suelo (incluyendo la capa sólida adsorbida); la líquida por el agua (libre, específicamente), aunque en los suelos pueden existir otros líquidos de menor significación; la fase gaseosa comprende sobre todo el aire, si bien pueden estar presentes otros gases (vapores sulfurosos, anhídrido carbónico, etc.). La capa viscosa del agua adsorbida que presenta propiedades intermedias entre la fase sólida y la líquida, suele incluirse en esta última, pues es susceptible de desaparecer cuando el suelo es sometido a una fuerte evaporación (secado).

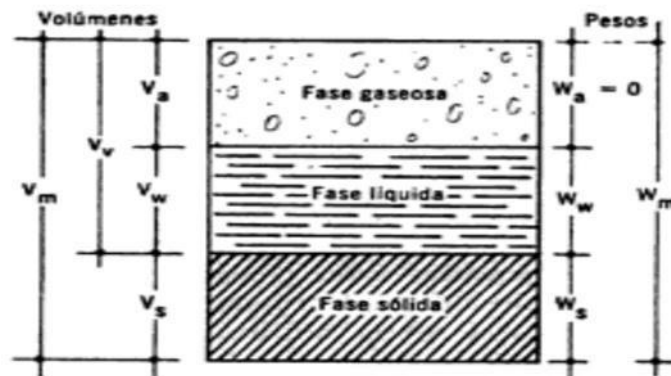
Las fases líquida y gaseosa del suelo comprenderse en el volumen de vacíos, mientras que la fase sólida constituye el volumen de los sólidos.

Se dice que un suelo es totalmente saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por agua. Un suelo en tal circunstancia consta, con caso particular, de solo dos fases, la sólida y la

liquida. Muchos suelos yacientes bajo el nivel freático son totalmente saturados.

Algunos suelos contienen, además, materia orgánica en diversas formas y cantidades; en las turbas, estas materias predominan y consistente en residuos vegetales parcialmente descompuestos.

FIGURA N° 1. ESQUEMA DE UNA MUESTRA DE SUELO



Fuente: Mecánica de Suelos, Juárez Badillo

2.1.2.2. Bloques (Universidad Nacional De Ingeniería 2000)

Redondeados a angulosos, formados por rocas duras; gran tamaño y diámetro medio, superior a 30 cm.

2.1.2.3. Boleos, Bolos (Universidad Nacional De Ingeniería 2000)

Redondeados a angulosos, procedentes de rocas duras; diámetro medio, inferior a 30cm pero superior a 15 cm. Los bloques y boleos son elementos muy estables utilizados para terraplenes, balastros y para estabilizar taludes (enrocamientos). Debido a su tamaño y peso su presencia en los depósitos naturales de suelo tiende a mejorar la estabilidad de las cimentaciones. La angularidad de las partículas aumenta la estabilidad.

2.1.2.4. Gravas (Universidad Nacional De Ingeniería 2000)

Redondeada a angulosa, procedentes de rocas duras; pasa por el tamiz de 3" (76.2mm) y es retenida por el N° 4(4.76mm). GRUESA. Entre los tamices 3" a 3/4" (76.2 a 19 mm). FINA: Entre los tamices 3/4 y N°4 (19mm a 4.76mm).

2.1.2.5. Arenas (Universidad Nacional De Ingeniería 2000)

Redondeada a angulosa, procedente de rocas duras; pasa por el tamiz N°4 (4.76mm) y es retenida por el tamiz N°200 (0.074mm).

GRUESA: Tamices N° 4 a 10.

MEDIA: Tamices N° 10 a 40.

FINA: Tamices N° 40 a 200.

La grava y la arena tienen esencialmente las mismas propiedades ingenieriles aunque en grados diferentes. El tamiz N° 4 es una división arbitraria y no corresponde a un cambio apreciable de las propiedades. Son fáciles de compactar, resultan poco afectadas por la humedad y no están sujetadas a la acción de la helada. Las gravas suelen ser más estables frente al flujo de agua y más resistentes a la erosión y tubificación que las arenas. Las arenas y gravas bien gradadas son generalmente menos permeables y más estables que aquellas deficientemente gradadas (granulometría uniforme), la irregularidad de las partículas hace aumentar ligeramente la estabilidad. La arena fina uniforme tiene características próximas a un limo: es decir, disminuye su permeabilidad y reduce su estabilidad al aumentar la humedad.

2.1.2.6. Limos (Universidad Nacional De Ingeniería 2000)

Partículas que pasan por el tamiz N° 200 (0.074mm). Identificables por su comportamiento: es decir, ligeramente plásticas o sin plasticidad cual quiera que sea su humedad y con escasa o nula resistencia al secarse al aire.

El limo es inestable por su propia naturaleza, particularmente cuando aumentan la humedad, con tendencia a fluir cuando está saturado. Es relativamente impermeable, difícil de compactar, muy susceptible a la acción de la helada, fácilmente erosionable y sujeto a la tubificación y ebullición. Los granos de forma cubica reducen a la compresibilidad; los granos lajosos, como la mica, diatomeas, etc., aumenta la compresibilidad, dan lugar a un limo “elástico”.

2.1.2.7. Arcillas (Universidad Nacional De Ingeniería 2000)

Partículas que pasan por el tamiz N°200 (0.074mm). Identificables por su comportamiento: es decir, puede conseguir que presenten propiedades de una amplia gama de humedades y considerable resistencia al secarse al aire.

La característica diferenciante de la arcilla es la cohesión o resistencia cohesiva, que aumenta al disminuir la humedad. La permeabilidad de la arcilla es muy baja, es muy difícil de compactar en estado húmedo e imposible de drenar por métodos ordinarios. Compactada es resistente a la erosión y a la tubificación, no es susceptible a hinchamientos por efecto de la helada. Está sometido a expansión y retracción con las variaciones de humedad. Las propiedades dependen no solo del tamaño y forma (partículas laminadas y lajosas), sino también por su composición mineral, es decir, el tipo de material arcilloso y el medio químico o la capacidad de intercambio iónico. En general el mineral arcilloso montmorillonita tiene el mayor efecto sobre las propiedades, siendo este efecto mínimo en el caso de la illita y la caolinita.

2.1.2.8. Materia Orgánica (Universidad Nacional De Ingeniería 2000)

Materia orgánica de diversos tamaños y en diversas fases de descomposición.

La presencia de materia orgánica incluso en cantidades moderadas hace aumentar la comprensibilidad y reduce la estabilidad de las fracciones finas del suelo. Puede descomponerse creando vacíos y haciendo variar las propiedades de un suelo por alteración química por lo cual los suelos orgánicos no son adecuados para usos ingenieriles.

2.1.3. Propiedades Físicas y Químicas

2.1.3.1. Arenas (Peter L. y Caicedo H. 1993)

El suelo arenoso está compuesto por minúsculas partículas de piedra de 0.05 a 2 milímetros de diámetro y tiene una textura rasposa. La cantidad de espacio poroso es pequeña, aunque los poros individuales son grandes. Este es el tipo más ligero de todos los suelos, y por lo tanto es propenso a la erosión por el agua y el viento.

El suelo arenoso, debido a su gran contenido de arena es el más poroso de todos los tipos de suelos, a menudo llamado “suelo hambriento” debido a su frecuente necesidad de agua y a la velocidad con que se seca.

2.1.3.2. Arcillas (Rodríguez Díaz 2014)

Arcilla. (Definición de mineralogía): Es un conjunto de minerales constituidos básicamente por silicatos de aluminio de composición y estructura cristalina muy variadas.

Arcilla. (Definición en mecánica de suelos): La palabra arcilla tiene dos sentidos que, aunque íntimamente están relacionadas entre sí, no significan la misma cosa: por una parte se llama arcilla al conjunto de partículas de un suelo de tamaño inferior a dos micras (algunas clasificaciones dan como límite cinco micras y otras una micra); mientras por otra parte se entiende por arcilla: a un suelo que en su conjunto, se comporta como un material plástico.

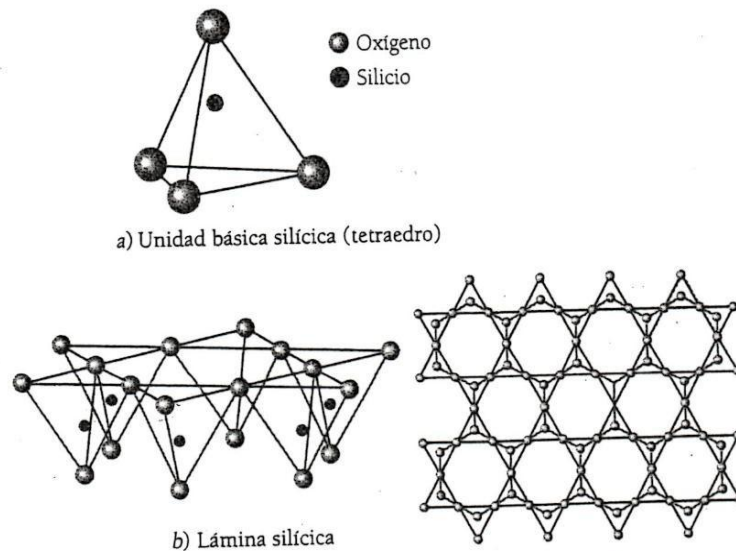
2.1.3.2.1. Clasificación de Arcillas (Braja M. 2013)

a. Lámina de Sílica

La unidad básica silícica $(\text{SiO}_4)_4$ con una carga menos 4 está formada por un átomo de silicio, rodeado de cuatro de oxígeno. El conjunto está organizado en forma de tetraedro (figura.3). la distancia O – O es de 2.55 Å, lo cual deja un espacio interior de 0.55Å, en el que átomo de silicio de 0.5 Å de radio cabe sin causar distorsión. Los tetraedros se agrupan en unidades hexagonales con un átomo de oxígeno de en lace entre cada tetraedro, lo cual origina la formación de una lámina silícica con un espesor de 4.93^Å.

- Unidad Básica Silícica.
- Lamina Silícica.

FIGURA N° 2. UNIDAD BÁSICA SILÍCICA Y LÁMINA SILÍCICA

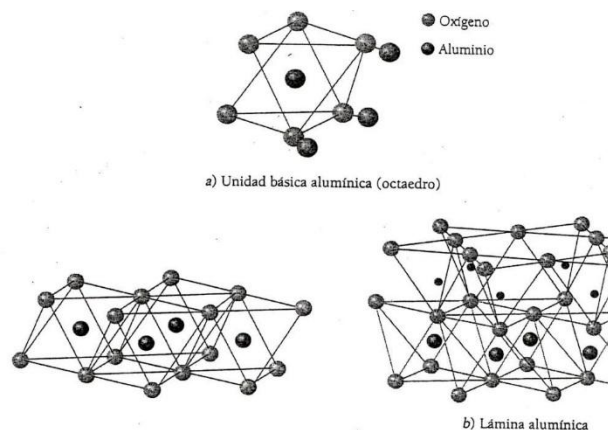


Fuente: Mecánica de Suelos, Abraham Diaz

b. Lámina Alumínica

La unidad básica alumínica ($Al_2(OH)_6$) está formada por un átomo de aluminio y seis de oxígeno o hidróxidos. Alrededor de él se dispone el conjunto en forma de octaedro o hidróxidos. Alrededor de él se dispone el conjunto en forma de octaedro (figura4). Al agruparse los octaedros con un átomo de oxígeno como nexo entre ellos, se forma una lámina alumínica con un espesor de 5.05^a .

FIGURA N° 3. UNIDAD BÁSICA ALUMÍNICA Y LÁMINA ALUMÍNICA

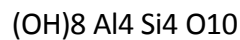


Fuente: Mecánica de Suelos, Abraham Diaz

De las distintas combinaciones de estas dos capas y de los diferentes cationes y aniones que las forman, resulta la gran variedad de los minerales arcillosos. Los minerales de arcilla se clasifican en tres grupos principales.

c. Caolinitas

Están formados por una unidad silícica y una unidad aluminica, con estructura 1:1 (figura 3.a). Estas unidades se repiten indefinidamente hasta formar una red o malla. Su composición química general se expresa mediante la fórmula:



La caolinita es un mineral abundante en los suelos, estable y resistente a la penetración del agua, y no está sujeta a expansión cuando se satura con agua. Un cristal típico de caolinita puede tener entre 70 y 100 capas de espesor. La haloisita es un mineral de la familia de las caolinitas.

d. Montmorillonita

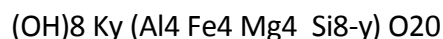
Están constituidas por una unidad aluminica entre dos unidades silícicas, con estructuras 2:1, lo cual forma una lámina de montmorillonita (figura 3.b). Su composición química se expresa mediante la fórmula:



La liga entre dos láminas es débil y da como resultado un material poco estable, de manera especial en presencia del agua, lo cual induce expansión. La bentonita pertenece a la familia de las montmorillonitas, y usualmente se forma a partir de la intemperización de las cenizas volcánicas.

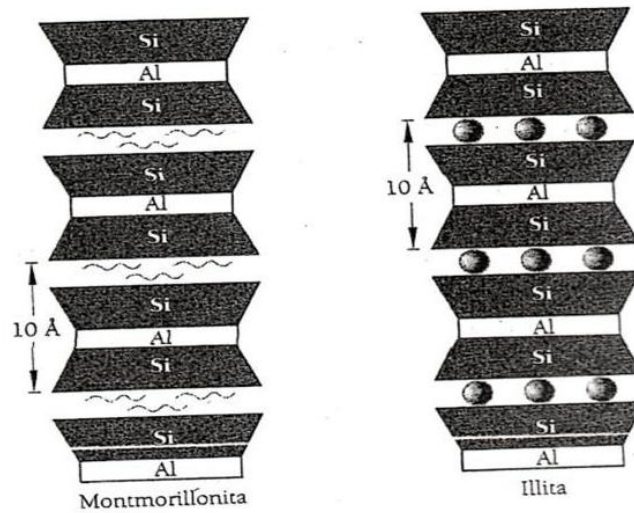
e. Illita

Están compuestas de manera similar que las montmorillonitas en lo referente a las unidades básicas, con estructuras 2:1, pero son diferentes en su composición química:



La estructura básica de la illita consiste de una lámina octaédrica (gibbsite) entre dos láminas silícicas.

FIGURA N° 4. ESTRUCTURAS DE LAS ARCILLAS



Fuente: Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica, Braja Das

2.1.3.2.2. Propiedades Físicas de Arcillas (Rodríguez Diaz 2014)

La propiedad principal de las arcillas es su plasticidad en su menor o mayor valor, según sea el intercambio de cationes sodio por hidrogeno. Los limos pueden llegar a tener la finesa de grano de las arcillas, pero tienen una muy poca plasticidad. Otra propiedad física de las arcillas es que su resistencia aumenta gradualmente a medida que aumenta la consistencia de estas. Terzaghi y Peck sugirieron una correlación valida entre el valor N y la resistencia al corte de suelos cohesivos ($N - q_u$). La Tabla N° 1 se muestra dicha correlación.

TABLA N° 1. VALORES EMPÍRICOS DE q_u Y CONSISTENCIA DE SUELOS COHESIVOS, RELACIONADOS CON EL NÚMERO DE GOLPES, N, DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)

| CONSISTENCIA | N qu | (Kg/cm ²) |
|--------------|-----------|-----------------------|
| MUY BLANDA | 0 – 2 | 0.00 – 0.25 |
| BLANDA | 2 – 4 | 0.25 – 0.50 |
| SEMI BLANDA | 4 – 8 | 0.50 – 1.00 |
| SEMI DURA | 8 – 15 | 1.00 – 2.00 |
| DURA | 15 – 30 | 2.00 – 4.00 |
| RIGIDA | MYOR A 30 | MAYOR A 4.00 |

Fuente: Mecánica de Suelos, Abraham Díaz

Otra propiedad física de las arcillas es el estado plástico definido por el índice de plasticidad (IP); que es la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP), siendo un criterio muy útil para determinar las características plásticas de dicho suelo donde:

$$I.P = L.L - L.P$$

Casagrande, mediante muchos ensayos de límites de consistencia en arcillas, dedujo la plasticidad en función al límite líquido. (Tabla N°2).

TABLA N° 2. RELACIÓN DE CONSISTENCIA CON RESPECTO A LÍMITE LÍQUIDO

| LIMITE LIQUIDO % | PLASTICIDAD |
|------------------|---------------------|
| 0 – 30 | BAJA PLASTICIDAD |
| 30 – 50 | MEDIANA PLASTICIDAD |
| MAYOR A 50 | ALTA PLASTICIDAD |

Fuente: Mecánica de Suelos, Abraham Díaz

Resistencia De Las Arcillas Al Esfuerzo Cortante

Ley de Coulomb: Es evidente de que ninguna propiedad física de los suelos cohesivos es más compleja que la resistencia al cortante. Dependiendo esta propiedad de muchos factores, son ya de por si complicados, pero asociados todos ellos se relacionan entre si en TAL forma que es sumamente difícil entender plenamente su acción combinada.

Coulomb fue el primero en sugerir, en 1776, tanto una ecuación simple como la teoría que la relaciona la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, con el esfuerzo de compresión aplicada. Supuso que la resistencia cohesiva es constante para un suelo dado e independientemente del esfuerzo de compresión aplicado, pero que la resistencia a la fricción varia en forma directa con la magnitud del esfuerzo normal desarrollado en el plano de deslizamiento.

Propiedades Químicas De Las Arcillas

En la formación de las arcillas, existen diversas teorías al respecto. Una de estas es sustentada por los geólogos y la otra por lo químicos.

La teoría dada por los geólogos, admite que el caolín se ha formado por la acción meteorizante del agua ácida sobre los cristales de feldespato. Este proceso se interpreta como una levigación de álcali y eliminación de $4 SiO_2$.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Diseño de Investigación

La presente tesis es de tipo experimental ya que requiere de una descripción del análisis del tema a investigar mediante recolección de datos, así como también aplicar las teorías de la mecánica de suelos puesta a prueba en un laboratorio, y poder observar las propiedades que pueden ser modificadas en los 3 estados de alteración.

3.2. Hipótesis

Las propiedades del suelo se modificarán cuando se apliquen los estados de alteración como nivel freático, confinamiento lateral y ambas en simultáneas.

3.3. Diseño de contrastación

Al evaluar las propiedades del suelo después de ser alterado su confinamiento lateral y nivel freático, nos permitirá tener un mayor conocimiento de cómo varía el estado natural del suelo, y tener un parámetro de estudio para poder proyectar dichas propiedades básicas.

3.3.1. Variables

- De acuerdo al diseño de investigación es experimental. Requiere de una descripción del análisis del tema a investigar mediante recolección de datos.
- De acuerdo al fin que se persigue es aplicada. Se utilizan los conocimientos obtenidos en la carrera de Ingeniería Civil Ambiental.

3.3.2. Indicadores

| V. INDEPENDIENTE | V. DEPENDIENTE | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS | INDICE |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|---|--------|
| CONFINAMIENTO LATERAL Y NIVEL | PROPIEDADES DEL SUELO | PARÁMETROS FÍSICOS - QUÍMICOS | CONTENIDO DE HUMEDAD | ESTUFA | % |
| | | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | TAMICES, BALANZA | % |
| | | | LÍMITES DE CONSISTENCIA | CUCHARA DE CASA GRANDE, ESTUFA, BALANZA | % |
| | | | EXPANSIVIDAD | TAMICES, BALANZA | % |
| | | TIPOLOGÍA | TIPO DE SUELO I | R. N. E. 0.30 | GLB |
| | | | TIPO DE SUELO II | | |
| | | | TIPO DE SUELO III | | |
| | | | TIPO DE SUELO IV | | |
| | | PARÁMETROS FÍSICOS - QUÍMICOS | SALES | PIBETA, PROBETA, REACTIVOS | mg SO4 |
| | | | CLORUROS | | mg Cl |
| | | | Ph | | % |
| | | | ACEITES | GRAVIMETRÍA | mg L |
| | | | GRASAS | | mg L |
| | | PROPIEDADES FÍSICAS | VOLÚMEN | BOMBA, TANQUE | m3 |
| CAUDAL | BOMBA, TANQUE | | lt/s | | |

3.3.3. Población y Muestra

La cantidad de calicatas a estudiar se determinó mediante un concepto geo estadístico aplicado a la gran parte de procedimientos experimentales con el que se pretende investigar. Este concepto se basa en las repeticiones de resultados obtenidos, es así como se corrobora los resultados en cadena. Un resultado es una acción fortuita por los procedimientos de investigación; dos resultados parecidos es una coincidencia; tres resultados parecidos es un parámetro que nace para establecer un rango; un cuarto resultado que aparezca con características similares es la confirmación del parámetro obtenido; y un quinto resultado dentro del parámetro obtenido es la corroboración de los datos obtenidos. Por el mismo concepto explicado el muestreo se hará de tres fases, la primera fase será la fase de muestreo de 5 calicatas en suelo granular (distrito de Pimentel) y 5 calicatas en suelo blando (distrito de La Victoria), la segunda fase es el estudio de las muestras obtenidas en el estado natural de dichos

puntos, la tercera fase es el estudio de las muestras dentro de los estados de alteraciones.

3.3.4. Métodos

3.3.4.1. Ensayos de los materiales

3.3.4.1.1. Ensayo para el análisis granulométrico NTP 339.128

La granulometría es la distribución de distintos tamaños de partículas de suelo que contiene una muestra determinada. Este análisis granulométrico nos permite determinar la distribución y los diferentes tamaños de partículas que posee una muestra de suelo, dicha muestra es separada por una serie de tamices normados, es muy importante saber los diferentes tamaños y porcentajes de partículas del suelo ya que de ellos dependerán algunas propiedades para su respectiva clasificación.

FIGURA N° 5. SATURACIÓN PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO



FUENTE: PROPIA

FIGURA N° 6. LAVADO DEL SUELO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO



FUENTE: PROPIA

FIGURA N° 7. MUESTRAS SECAS PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE SUELOS



FUENTE: PROPIA

FIGURA N° 8. TAMICEZ PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



FUENTE: PROPIA

Instrumentos:

- Tamicez.
- Brocha.
- Tazón.
- Balanza.
- Suelo.

Se deberá tener los siguientes conceptos básicos:

Curva granulométrica: Grafico que nos permite apreciar las diferentes cantidades en porcentaje de peso retenido de una determinada muestra

Procedimiento:

- Se deberá tener una muestra humedad de por lo menos 500 gramos.
- Se deberá saturar la muestra durante 24 horas
- Dicha muestra de le realizará el procedimiento de lavado por la malla número 200
- Para el análisis de suelos se utilizará los siguientes tamices: N°3/4, N°3/8, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°80, N°140, N°200 y fondo.
- Se procederá a vaciar la muestra seca en el tamiz superior y se procederá a mover en forma circular todo el grupo de tamices por un tiempo determinado.

- Se comienza a verificar tamiz por tamiz la muestra retenida para posteriormente pesarla en la balanza previamente tarada.
- Se realizaran los cálculos para obtener el porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa.
- Se graficara la curva granulométrica

3.3.4.1.2. **Determinación del contenido de humedad NTP 339.160**

El contenido de humedad nos permite determinar el contenido de agua que tiene el agregado en estado natural, así como también nos permite conocer el cantidad de agua a usar para el diseño de mezcla ya que el agregado de manera natural tiene cierta humedad

FIGURA N° 9. MUESTRA ALTERADAS PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD



FUENTE: PROPIA

Instrumentos:

- Tazón.
- Balanza.
- Suelo.

Se deberá pesar una muestra como mínimo 500 g.
Se pesa el recipiente y el suelo con el recipiente que lo contiene.
La muestra se llevará al horno a 110°C con un tiempo de 24 horas. Luego de las 24 horas se deberá pesar la muestra seca
Siendo el contenido de humedad calculado de la siguiente manera:

$$H=(Wn - Ws)/Wn$$

Donde:

Wn: Peso del suelo en estado natural.

Ws: Peso del suelo en estado seco.

H: contenido de humedad.

3.3.4.1.3. Determinación del peso específico relativo NTP

339.131

El peso específico del suelo se determina en condición húmeda y seca y es un principal indicador de calidad del suelo ya que valores bajos nos permiten determinar que el suelo es altamente poroso y por ende absorbente y débil, mientras que los valores altos nos permiten tener un suelo de un buen comportamiento.

Instrumentos:

- Matraz de 500 cm³.
- Bandeja.
- Tazón.
- Balanza.
- Suelo.
- Canastilla.
- Cono de absorción y pilón.

Pesamos 500 g del material en dicho estado

Procedemos a pesar el matraz a de 500 cm³

Luego vaciamos la muestra de agregado al matraz y llenamos el matraz aproximadamente 400 cm³, y luego agitar ligeramente hasta que el aire atrapado sea expulsado en su totalidad; una vez expulsado el aire dejamos reposar 24 horas. Pasada las 24 horas llenamos el matraz hasta los 500 cm³ y pesamos.

Luego extraemos todo el material junto con el agua en un recipiente, dejamos reposar el tiempo necesario para que las partículas sedimenten y poder extraer el agua.

Finalmente la muestra la introducimos al horno a una temperatura de 110°C por 24 horas, una vez pasada las 24 horas pesamos la muestra seca.

FIGURA N° 10. PREPARACIÓN PARA EL ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA



FUENTE: PROPIA

FIGURA N° 11. MUESTRA DEPOSITADA EN FIOLA CON AGUA DESTILADA



FUENTE: PROPIA

FIGURA N° 12. MUESTRA DECANTADA EN FIOLA CON AGUA DESTILADA



FUENTE: PROPIA

3.3.4.1.4. Determinación de los límites de ATTERBERG ASTM D 4318 o AASHTO T 89

Instrumentos:

- Bandeja.
- Tazón.
- Balanza.
- Suelo.
- Copa de CASAGRANDE.
- Tamiz N°40.
- Horno.

Se deberá pesar una muestra como mínimo 100 g.
Se pesa el recipiente y el suelo después de ser tamizado por la malla y saturado. Respectivamente se realizará los ensayos necesarios para límite líquido (buscando la humedad necesaria para los golpes respectivos en la copa de Casagrande), y los ensayos necesarios para determinar el límite plástico (desarrollando de forma cilíndrica la muestra del suelo). La muestra se llevará al horno a 110°C con un tiempo de 24 horas. Luego de las 24 horas se deberá pesar la muestra seca

FIGURA N° 13. MUESTRA TAMIZADA PARA EL ENSAYO DE LÍMITES DE ATTEMBERG



FUENTE: PROPIA

FIGURA N° 14. MUESTRAS DE LAS DIFERENTES CALICATAS Y ESTRATOS PARA SU RESPECTIVO ANÁLISIS



FUENTE: PROPIA

FIGURA N° 15. MUESTRA TRITURADA PARA SU RESPECTIVO TAMIZADO



FUENTE: PROPIA

FIGURA N° 16. ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO



FUENTE: PROPIA

FIGURA N° 17. ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO



FUENTE: PROPIA

3.3.4.1.5. Ensayo de corte directo NTP 339.171

Instrumentos:

- Dispositivo de corte.
- Caja de corte
- Piedra porosa
- Dispositivo de carga
- Dispositivo para medir la fuerza de corte.
- Anillo de corte.
- Balanza.
- Indicadores de deformación.
- Equipos para hallar el contenido de humedad.

Este método de ensayo consiste en colocar al espécimen de suelo en el dispositivo de corte directo, aplicar un esfuerzo normal predeterminado, humedeces o drenar (o ambos) al espécimen de ensayo, consolidar la muestra bajo el esfuerzo normal, sacar los segundos de los marcos que sujetan el espécimen, y desplazar un marco horizontal con respecto al otro a una velocidad constante de deformación por corte y medir la fuerza cortante y el desplazamiento horizontal mientras que la muestra es cortada.

La prueba de corte directo es conveniente para la determinación relativamente rápida de las propiedades consolidada drenada, debido a que las trayectorias de drenaje a través de la muestra de suelo son cortas, en consecuencia permiten que el exceso de la presión de poros sea disipado más rápidamente que con otras pruebas de esfuerzos drenados. Este ensayo se puede realizar en todos los materiales de suelo, y materiales inalterados, remoldados, o compactados.

3.3.5. Técnicas de recolección de datos

- Observación directa: Observando las variables en su contexto natural.
- Experimentos: Al manipularse las variables de estudio a diversos ensayos para la determinación del comportamiento de sus propiedades.
- Análisis de contenido: Interpretando la información obtenido en las diferentes fuentes bibliográficas.

3.3.6. Técnica de procesamiento de datos

El procesamiento de datos se obtendrá con formatos realizados, los cuales son los siguientes:

- Formato para ensayo de granulometría (NTP 339.128)
- Formato para ensayo de contenido de humedad (NTP 339.160)
- Formato para ensayo de límite líquido (ASTM D 4318 o AASHTO T89)

- Formato para ensayo de sales solubles (NTP 339.152)
- Formato para resistencia de corte directo. (NTP 339.154).

3.4. Metodología

Se realizará la toma de datos siguiendo las indicaciones de las Normas Técnicas Peruanas para los diferentes ensayos para suelo, así como también se llevará a cabo mediante fases, las cuales son:

FASE I

1. Recopilación de informaciones bibliográficas y antecedentes del proyecto.
2. Análisis de la información pertinentes sobre los estados de alteración a estudiar.
3. Identificación de los suelos a estudiar (suelo granular y suelo blando).
4. Revisión de la normativa nacional vigente y alineación de la información de las mismas.

FASE II.

5. Realizar estudios de Mecánicas de suelos correspondientes.
6. Análisis de las teorías que no consideren los estados de alteración.
7. Análisis de las teorías que consideran los estados de alteración.

FASE III.

8. Análisis comparativos de los resultados obtenidos en estado natural versus los estados de alteración.
9. Análisis de parámetro obtenido.

FASE IV.

10. Análisis y evaluación de ventajas y desventajas, técnicas y económicas de las consideraciones a elegir.
11. Propuesta del tipo de parámetros a considerar para los dos tipos de suelos distintos.
12. Desarrollo de propuesta de aplicación.

IV. RESULTADOS

En la primera parte de la tesis se realizaron pruebas para determinar las propiedades en su estado natural de las 10 calicatas estudiadas (5 calicatas suelo granular- Pimentel, y 5 calicatas suelo blando- La Victoria) y las propiedades aplicando los estados de alteración de las 10 calicatas estudiadas, las cuales para ellos se tuvo que realizar una serie de ensayos de simulación.

La primera simulación se realizó in situ, pero por motivos de riesgo de colapso que se presentaba se decidió hacerlo de otra forma. La alternativa de simulación es haber sacado 10 muestras inalteradas por cada calicata y estas hacerles un proceso de bombeo y alteración en el confinamiento del tubo de pared delgada para que represente los estados de alteración. Esta simulación se detalla en las fotografías adjuntadas en el anexo; al obtener las muestras en su estado natural y en los estados de alteración, se pasó al análisis de los respectivos resultados (se presentan en las tablas siguientes), obteniendo los primeros indicios de como varia las propiedades del suelo.

El desarrollo de la comparación de resultados fue mediante el tipo de suelo con la cual se clasificó las muestras. Entre las 10 calicatas se pudo identificar suelos como, arena pobremente graduada, arena limosa, arena arcillosa, arcilla de baja plasticidad con arena.

De estas muestras se obtuvieron las propiedades índices como contenido de humedad, límites de atterberg, porcentaje de finos, gravedad específica. Y las propiedades mecánicas como ángulo de fricción y cohesión.

4.1. Estado Natural

4.1.1. La Victoria

| CALICATA N° 01 - LA VICTORIA | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| PESO INICIAL MUESTRA | | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| PESO FINAL DE SOLIDO + TARA | | 523.99 | 510.5 | 498.85 | 469.52 | 424.97 |
| PESO TARA | | 68.29 | 78 | 76.32 | 71.02 | 56.93 |
| PESO FINAL DE SOLIDO | | 455.7 | 432.5 | 422.53 | 398.5 | 368.04 |
| PESO AGUA | | 44.3 | 67.5 | 77.47 | 101.5 | 131.96 |
| %H | | 8.86 | 13.50 | 15.49 | 20.30 | 26.39 |
| GRANULOMETRIA | | | | | | |
| PESO INICIAL DE MUESTRA | | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| PESO INICIAL DE MUESTRA + TARA | | 123.73 | 161.83 | 149.6 | 143.11 | 281.7 |
| PESO DE TARA | | 69.03 | 78.73 | 78.1 | 69.21 | 69.03 |
| PESO SECO SOLIDO | | 54.7 | 83.1 | 71.5 | 73.9 | 212.67 |
| PESO DE FINOS LAVADOS | | 401.00 | 349.40 | 351.03 | 324.60 | 155.37 |
| % FINOS | | 80.20% | 69.88% | 70.21% | 64.92% | 31.07% |
| 3/4 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/2 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3/8 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/4 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 4 | | 2.5 | 12 | 1.8 | 8.1 | 3.84 |
| # 8 | | 2 | 18.7 | 4.9 | 8.5 | 4.24 |
| # 10 | | 3.3 | 12.6 | 5.5 | 7.4 | 3.92 |
| # 20 | | 5.7 | 6.5 | 2.7 | 3.2 | 2.22 |
| # 40 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 50 | | 10.79 | 7 | 4.1 | 6.3 | 2.5 |
| # 80 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 100 | | 12.9 | 11.1 | 14.6 | 21.5 | 112.38 |
| # 200 | | 14.81 | 13.6 | 35 | 18.1 | 78.15 |
| FONDO | | 1.1 | 1.1 | 2.5 | 0.4 | 5.25 |
| | | 53.1 | 82.6 | 71.1 | 73.5 | 212.5 |
| LIMITES LIQUIDO | | | | | | |
| N TARA | | L10 | P24 | L10 | L11 | |
| N GOLPES | 30-35 | 35 | 35 | 35 | 35 | |
| PESO TARA | | 17.69 | 7.27 | 17.69 | 18.1 | |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 42.1 | 21.75 | 42.1 | 37.36 | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 36.78 | 18.31 | 36.78 | 31.75 | |
| % H | | 21.79 | 23.76 | 21.79 | 29.13 | |
| N TARA | | L12 | P23 | P23 | L17 | |
| N GOLPES | 20-25 | 24 | 25 | 25 | 24 | |
| PESO TARA | | 7.65 | 7.29 | 7.29 | 26.45 | |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 29.86 | 29.26 | 29.26 | 41.02 | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 23.95 | 23.35 | 23.95 | 36.55 | |
| % H | | 26.61 | 26.90 | 24.17 | 30.68 | |
| N TARA | | L21 | L21 | L18 | P21 | |
| N GOLPES | 10 - 15 | 15 | 13 | 14 | 15 | |
| PESO TARA | | 26.81 | 26.81 | 26.94 | 23.87 | |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 61.12 | 61.12 | 44.12 | 41.21 | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 51.17 | 51.17 | 39.56 | 35.74 | |
| % H | | 29.00 | 29.00 | 26.54 | 31.55 | |
| LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| N TARA | | T3 | P1 | T3 | P13 | P1 |
| PESO TARA | | 12.07 | 7.12 | 12.07 | 5.89 | 7.12 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 26.5 | 19.22 | 26.5 | 27.73 | 18.01 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 24.09 | 17.36 | 24.09 | 24.22 | 15.97 |
| % H | | 16.70 | 15.37 | 16.70 | 16.07 | 18.73 |
| GRAVEDAD ESPECIFICIDAD | | | | | | |
| PESO FIOLA | | | | 153.35 | | |
| PESO DE SOLIDO | | | | 100 | | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA | | | | 653.35 | | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA + AGUA (500ml) | | | | 710 | | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | | 2.31 | | |
| SALES TOTALES | | | | | | |
| NUMERO DE BACKERS | | 12 | 13 | 11 | 1B | B |
| PESO DE BACKERS | | 51.52 | 48.72 | 49.37 | 31.77 | 102.43 |
| PESO DE BACKERS + SALES | | 51.66 | 48.82 | 49.4 | 31.81 | 102.48 |
| PESO DE SALES | | 0.14 | 0.10 | 0.03 | 0.04 | 0.05 |

| CALICATA N° 02 - LA VICTORIA | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| PESO INICIAL MUESTRA | | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| PESO FINAL DE SOLIDO + TARA | | 523.55 | 483.37 | 474.35 | 460.4 | 456.84 |
| PESO TARA | | 62.36 | 56.22 | 56.04 | 53.34 | 61.67 |
| PESO FINAL DE SOLIDO | | 461.19 | 427.15 | 418.31 | 407.06 | 395.17 |
| PESO AGUA | | 38.81 | 72.85 | 81.69 | 92.94 | 104.83 |
| %H | | 7.762 | 14.57 | 16.338 | 18.588 | 20.966 |
| GRANULOMETRIA | | | | | | |
| PESO INICIAL DE MUESTRA | | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| PESO INICIAL DE MUESTRA + TARA | | 181.94 | 137.83 | 140.87 | 129.7 | 263.69 |
| PESO DE TARA | | 124.64 | 53.93 | 65.87 | 55.1 | 49.49 |
| PESO SECO SOLIDO | | 57.3 | 83.9 | 75 | 74.6 | 214.2 |
| PESO DE FINOS LAVADOS | | 403.89 | 343.25 | 343.31 | 332.46 | 180.97 |
| % FINOS | | 80.78% | 68.65% | 68.66% | 66.49% | 36.19% |
| 3/4 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/2 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3/8 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/4 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 4 | | 2.6 | 4.6 | 3.4 | 7.5 | 5.2 |
| # 8 | | 3.3 | 6.6 | 6.9 | 6 | 5.86 |
| # 10 | | 3.7 | 7.4 | 5.6 | 5.1 | 3.56 |
| # 20 | | 5.7 | 11.7 | 3.4 | 3.1 | 1.16 |
| # 40 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 50 | | 10.6 | 15.5 | 2.9 | 3.6 | 0.8 |
| # 80 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 100 | | 16.3 | 17 | 13.3 | 12.9 | 95.14 |
| # 200 | | 13.5 | 19.5 | 36.3 | 33.8 | 94.96 |
| FONDO | | 0.9 | 0.8 | 2.7 | 2.1 | 7.28 |
| | | 56.6 | 83.1 | 74.5 | 74.1 | 213.96 |
| LIMITES LIQUIDO | | | | | | |
| N GOLPES | 30-35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| | N TARA | P21 | P18 | P21 | L10 | L12 |
| | PESO TARA | 23.87 | 15.94 | 23.87 | 17.69 | 21.29 |
| | PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | 41.21 | 29.11 | 41.21 | 42.1 | 39 |
| | PESO TARA + MUESTRA SECA | 35.74 | 26.05 | 37.74 | 36.78 | 34.8 |
| | % H | 31.55 | 23.23 | 20.01 | 21.79 | 23.72 |
| N GOLPES | 20-25 | 21 | 25 | 24 | 25 | 25 |
| | N TARA | P17 | L13 | L14 | L13 | L11 |
| | PESO TARA | 7.03 | 18.15 | 17.95 | 18.15 | 18.1 |
| | PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | 22.85 | 48.04 | 45.05 | 48.04 | 34.42 |
| | PESO TARA + MUESTRA SECA | 17.76 | 40.9 | 37.55 | 40.9 | 30.27 |
| | % H | 32.17 | 23.89 | 27.68 | 23.89 | 25.43 |
| N GOLPES | 10 - 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| | N TARA | P15 | L3 | L17 | L14 | L10 |
| | PESO TARA | 7.25 | 17.97 | 26.45 | 17.95 | 17.69 |
| | PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | 25.3 | 36.22 | 41.02 | 45.05 | 34.13 |
| | PESO TARA + MUESTRA SECA | 19.37 | 31.05 | 36.55 | 37.55 | 29.68 |
| | % H | 32.85 | 28.33 | 30.68 | 27.68 | 27.07 |
| LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| | N TARA | P16 | P25 | P25 | P10 | P14 |
| | PESO TARA | 7.28 | 7.22 | 7.22 | 7.35 | 7.25 |
| | PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | 13.75 | 24.38 | 24.38 | 25.33 | 22.79 |
| | PESO TARA + MUESTRA SECA | 12.66 | 21.74 | 21.74 | 21.85 | 19.52 |
| | % H | 16.85 | 15.38 | 15.38 | 19.35 | 21.04 |
| GRAVEDAD ESPECIFICIDAD | | | | | | |
| PESO FIOLA | | | | 178.35 | | |
| PESO DE SOLIDO | | | | 278.35 | | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA | | | | 678.35 | | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA + AGUA (500ml) | | | | 735.77 | | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | | 1.26 | | |
| SALES TOTALES | | | | | | |
| NUMERO DE BACKERS | | B1 | A1 | A | A13 | A4 |
| PESO DE BACKERS | | 174.85 | 168.7 | 102.6 | 167.28 | 174 |
| PESO DE BACKERS + SALES | | 174.92 | 168.83 | 102.67 | 167.33 | 174.05 |
| PESO DE SALES | | 0.07 | 0.13 | 0.07 | 0.05 | 0.05 |

| CALICATA N° 03 - LA VICTORIA | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| PESO INICIAL MUESTRA | | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| PESO FINAL DE SOLIDO + TARA | | 534.31 | 510.65 | 493.47 | 469.29 | 435.53 |
| PESO TARA | | 80.06 | 81.3 | 78.83 | 69.75 | 56.75 |
| PESO FINAL DE SOLIDO | | 454.25 | 429.35 | 414.64 | 399.54 | 378.78 |
| PESO AGUA | | 45.75 | 70.65 | 85.36 | 100.46 | 121.22 |
| %H | | 9.15 | 14.13 | 17.072 | 20.092 | 24.244 |
| GRANULOMETRIA | | | | | | |
| PESO INICIAL DE MUESTRA | | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| PESO INICIAL DE MUESTRA + TARA | | 97.36 | 117.25 | 142.13 | 173.23 | 359.7 |
| PESO DE TARA | | 69.27 | 78.39 | 76.43 | 69.83 | 42.69 |
| PESO SECO SOLIDO | | 28.09 | 38.86 | 65.7 | 103.4 | 317.01 |
| PESO DE FINOS LAVADOS | | 426.16 | 390.49 | 348.94 | 296.14 | 61.77 |
| % FINOS | | 85.23% | 78.10% | 69.79% | 59.23% | 12.35% |
| 3/4 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/2 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3/8 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/4 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 4 | | 0.17 | 1.93 | 2.4 | 1.4 | 1.92 |
| # 8 | | 0.82 | 8.68 | 4.3 | 3.1 | 2.65 |
| # 10 | | 1.41 | 8.6 | 3.8 | 5.4 | 3.77 |
| # 20 | | 2.74 | 3.41 | 2.6 | 3.4 | 2.6 |
| # 40 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 50 | | 5.17 | 1.92 | 9.4 | 7.2 | 105.53 |
| # 80 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 100 | | 9.45 | 4.03 | 28.2 | 48.6 | 163.37 |
| # 200 | | 8.01 | 9.03 | 14.5 | 33.3 | 35.09 |
| FONDO | | 0.31 | 1.04 | 0.4 | 0.8 | 1.63 |
| | | 28.08 | 38.64 | 65.6 | 103.2 | 316.56 |
| LIMITES LIQUIDO | | | | | | |
| N TARA | | L15 | L10 | L19 | P23 | |
| N GOLPES | 30-35 | 35 | 35 | 35 | 35 | |
| A + MUESTRA HUMEDA | | 48.04 | 35.05 | 51.61 | 29.26 | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 40.9 | 30.97 | 45.28 | 24.87 | |
| PESO TARA | | 18.15 | 17.69 | 27.1 | 7.29 | |
| % H | | 23.89 | 23.50 | 25.83 | 19.98 | NO PLASTICA |
| N TARA | | L13 | L12 | L20 | P24 | |
| N GOLPES | 20-25 | 25 | 25 | 25 | 25 | |
| A + MUESTRA HUMEDA | | 43.5 | 48.04 | 49.51 | 21.75 | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 37.26 | 40.9 | 43.46 | 18.31 | |
| PESO TARA | | 17.99 | 21.29 | 26.7 | 7.27 | |
| % H | | 24.46 | 26.69 | 26.52 | 23.76 | ARENA |
| N TARA | | L14 | L11 | L21 | P19 | |
| N GOLPES | 10 - 15 | 15 | 15 | 13 | 15 | |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 45.05 | 37.36 | 61.12 | 24.23 | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 37.55 | 31.75 | 51.17 | 19.76 | |
| PESO TARA | | 17.95 | 18.1 | 26.81 | 7.23 | |
| % H | | 27.68 | 29.13 | 29.00 | 26.29 | |
| LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| N TARA | | P1 | P4 | P13 | P25 | |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 19.22 | 23.1 | 27.73 | 24.38 | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 17.36 | 20.73 | 24.22 | 21.74 | |
| % H | | 15.37 | 14.97 | 16.07 | 15.38 | N.P |
| PESO TARA | | 7.12 | 7.27 | 5.89 | 7.22 | |
| GRAVEDAD ESPECIFICIDAD | | | | | | |
| PESO FIOLA | | | | 185.17 | | |
| PESO DE SOLIDO | | | | 100 | | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA | | | | 285.17 | | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA + AGUA (500ml) | | | | 744.34 | | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | | 2.45 | | |
| SALES TOTALES | | | | | | |
| NUMERO DE BACKERS | | A12 | A7 | A9 | A5 | |
| PESO DE BACKERS | | 175.93 | 172.48 | 175.38 | 166.57 | |
| PESO DE BACKERS + SALES | | 176.01 | 172.52 | 175.53 | 166.7 | |
| PESO DE SALES | | 0.08 | 0.04 | 0.15 | 0.13 | |

| CALICATA N° 04 - LA VICTORIA | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | |
| PESO INICIAL MUESTRA | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | |
| PESO FINAL DE SOLIDO + TARA | 510.75 | 520.85 | 481.98 | 484.6 | 495.82 | 415.71 | |
| PESO TARA | 54.16 | 60.35 | 74.19 | 85.24 | 85.9 | 53.84 | |
| PESO FINAL DE SOLIDO | 456.59 | 460.5 | 407.79 | 399.36 | 409.92 | 361.87 | |
| PESO AGUA | 43.41 | 39.5 | 92.21 | 100.64 | 90.08 | 138.13 | |
| %H | 8.682 | 7.9 | 18.442 | 20.128 | 18.016 | 27.626 | |
| GRANULOMETRIA | | | | | | | |
| PESO INICIAL DE MUESTRA | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | |
| PESO INICIAL DE MUESTRA + TARA | 107.91 | 126.36 | 165.92 | 121.86 | 133.25 | 286.37 | |
| PESO DE TARA | 58.14 | 81.32 | 83.72 | 99.56 | 82.95 | 80.74 | |
| PESO SECO SOLIDO | 49.77 | 45.04 | 82.2 | 22.3 | 50.3 | 205.63 | |
| PESO DE FINOS LAVADOS | 406.82 | 415.46 | 325.59 | 377.06 | 359.62 | 156.24 | |
| % FINOS | 81.36% | 83.09% | 65.12% | 75.41% | 71.92% | 31.25% | |
| 3/4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1/2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3/8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1/4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| # 4 | 0.22 | 2.21 | 7.1 | 2.4 | 14.2 | 3.25 | |
| # 8 | 1.63 | 8.76 | 7.8 | 2.3 | 11.6 | 3.7 | |
| # 10 | 2.53 | 8 | 6.5 | 3.4 | 8.5 | 3.2 | |
| # 20 | 4.79 | 2.87 | 3.1 | 1.6 | 3.7 | 1.87 | |
| # 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| # 50 | 8.13 | 4.56 | 4.5 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | |
| # 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| # 100 | 12.17 | 13.28 | 18.4 | 3.2 | 3.3 | 110.84 | |
| # 200 | 18.34 | 2.59 | 32.1 | 7.4 | 7.1 | 76.05 | |
| FONDO | 1.89 | 2.6 | 2.4 | 0.5 | 0.2 | 5.02 | |
| | 49.7 | 44.87 | 81.9 | 22.2 | 49.9 | 205.43 | |
| LIMITES LIQUIDO | | | | | | | |
| N TARA | L16 | L13 | L9 | P18 | P27 | L24 | |
| N GOLPES | 30-35 | 35 | 25 | 35 | 35 | 35 | |
| A + MUESTRA HUMEDA | 43.76 | 42.1 | 34.81 | 29.11 | 23.83 | 44.22 | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | 39.69 | 35.78 | 30.87 | 26.05 | 19.98 | 40.81 | |
| PESO TARA | 27.9 | 18.15 | 17.77 | 15.94 | 7.12 | 28.27 | |
| % H | 25.66 | 26.39 | 23.12 | 23.23 | 23.04 | 21.38 | |
| N TARA | L17 | L14 | L8 | P20 | P30 | L23 | |
| N GOLPES | 20-25 | 24 | 15 | 24 | 25 | 24 | |
| A + MUESTRA HUMEDA | 44.15 | 45.05 | 42.9 | 31.69 | 26.74 | 40.47 | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | 39.69 | 37.55 | 38.87 | 27.93 | 21.5 | 37.18 | |
| PESO TARA | 27.9 | 17.95 | 25.98 | 17.05 | 6.99 | 25.7 | |
| % H | 27.45 | 27.68 | 23.82 | 25.68 | 26.53 | 22.27 | |
| N TARA | L18 | L15 | L7 | P29 | P29 | L22 | |
| N GOLPES | 10 - 15 | 14 | 35 | 15 | 15 | 15 | |
| A + MUESTRA HUMEDA | 41.02 | 36.11 | 32.63 | 22.36 | 28.12 | 41.14 | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | 36.55 | 30.97 | 29.26 | 18.73 | 21.22 | 37.73 | |
| PESO TARA | 26.45 | 17.99 | 18.7 | 9.25 | 7.03 | 26.12 | |
| % H | 30.68 | 28.37 | 24.19 | 27.69 | 32.72 | 22.70 | |
| LIMITE PLASTICO | | | | | | | |
| N TARA | P10 | P9 | P3 | P26 | P31 | P11 | |
| PESO TARA | 7.35 | 7.07 | 7.16 | 4.64 | 7.06 | 7.14 | |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | 25.33 | 21.61 | 18 | 16.54 | 15.21 | 21 | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | 21.85 | 19.25 | 16.29 | 14.43 | 13.83 | 18.85 | |
| % H | 19.35 | 16.23 | 15.77 | 17.73 | 16.93 | 15.51 | |
| GRAVEDAD ESPECIFICIDAD | | | | | | | |
| PESO FIOLA | | | | 146.95 | | | |
| PESO DE SOLIDO | | | | 246.95 | | | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA | | | | 646.95 | | | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA + AGUA (500ml) | | | | 706.34 | | | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | | 1.32 | | | |
| SALES TOTALES | | | | | | | |
| NUMERO DE BACKERS | A2 | A11 | 102 | A3 | | | |
| PESO DE BACKERS | 171.29 | 172.52 | 171.67 | 168.86 | | | |
| PESO DE BACKERS + SALES | 171.35 | 172.7 | 171.88 | 168.96 | | | |
| PESO DE SALES | 0.06 | 0.18 | 0.21 | 0.1 | | | |

| CALICATA N° 05 - LA VICTORIA | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| PESO INICIAL MUESTRA | 508.11 | 573.71 | 633.1 | 607.98 | 503.51 | 724.37 |
| PESO FINAL DE SOLIDO + TARA | 515.99 | 561.2 | 588.89 | 564.8 | 486.63 | 618.7 |
| PESO TARA | 58.7 | 73.42 | 68.53 | 76.42 | 69.17 | 69.17 |
| PESO FINAL DE SOLIDO | 457.29 | 487.78 | 520.36 | 488.38 | 417.46 | 549.53 |
| PESO AGUA | 50.82 | 85.93 | 112.74 | 119.6 | 86.05 | 174.84 |
| %H | 10.00 | 14.98 | 17.81 | 19.67 | 17.09 | 24.14 |
| GRANULOMETRIA | | | | | | |
| PESO INICIAL DE MUESTRA | 500 | 611.57 | 600 | 550.23 | 556.76 | 628.79 |
| PESO INICIAL DE MUESTRA + TARA | 98.5 | 139.79 | 152.95 | 198.87 | 174.5 | 174.5 |
| PESO DE TARA | 56.6 | 104.28 | 78.44 | 80.11 | 44.17 | 44.17 |
| PESO SECO SOLIDO | 41.9 | 35.51 | 74.51 | 118.76 | 130.33 | 130.33 |
| PESO DE FINOS LAVADOS | 408.09 | 484.46 | 418.64 | 323.23 | 331.28 | 346.69 |
| % FINOS | 81.62% | 79.22% | 69.77% | 58.74% | 59.50% | 55.14% |
| 3/4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3/8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 4 | 0.32 | 1.78 | 5.11 | 9.13 | 1.56 | 2.97 |
| # 8 | 2.23 | 7.11 | 13.27 | 2.68 | 3.56 | 3.56 |
| # 10 | 4.66 | 8.5 | 10.33 | 2.7 | 5.89 | 2.64 |
| # 20 | 5.69 | 3.66 | 3.91 | 2.47 | 3.62 | 1.78 |
| # 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 50 | 6.22 | 2.3 | 3.6 | 4.04 | 6.7 | 2.4 |
| # 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 100 | 9.51 | 3.75 | 8.75 | 45.68 | 47.33 | 125.63 |
| # 200 | 12.38 | 7.24 | 27.73 | 35.22 | 57.8 | 58.96 |
| FONDO | 0.77 | 0.83 | 1.55 | 16.84 | 3.64 | 4.03 |
| | 41.78 | 35.17 | 74.25 | 118.76 | 130.1 | 201.97 |
| LIMITES LIQUIDO | | | | | | |
| N TARA | L6 | P7 | L1 | L27 | L19 | L27 |
| N GOLPES | 30-35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | 36.86 | 34.89 | 36.36 | 52.06 | 40.57 | 44.22 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | 31.32 | 27.91 | 32.84 | 45.65 | 36.88 | 40.81 |
| PESO TARA | 7.32 | 12.1 | 22.82 | 26.51 | 9.67 | 26.51 |
| % H | 18.75 | 30.63 | 26.00 | 25.09 | 11.94 | 19.25 |
| N TARA | L5 | P6 | L2 | L26 | L15 | L23 |
| N GOLPES | 20-25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 |
| A + MUESTRA HUMEDA | 27.18 | 29.86 | 33.36 | 44.15 | 32.66 | 40.47 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | 21.48 | 23.95 | 29.35 | 39.44 | 28.52 | 37.18 |
| PESO TARA | | 10.77 | 18.07 | 25.47 | 17.99 | 25.7 |
| % H | 20.97 | 30.96 | 26.23 | 25.21 | 28.22 | 22.27 |
| N TARA | L4 | P28 | L3 | L25 | L7 | L22 |
| N GOLPES | 10 - 15 | 15 | 14 | 15 | 15 | 15 |
| A + MUESTRA HUMEDA | 36.76 | 33.31 | 36.22 | 39.58 | 32.37 | 41.14 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | 30.46 | 26.11 | 31.05 | 35.2 | 28.12 | 37.73 |
| PESO TARA | 15.6 | 10.87 | 17.97 | 22.75 | 18.7 | 26.12 |
| % H | 29.77 | 32.09 | 28.33 | 26.02 | 31.09 | 22.70 |
| LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| N TARA | P2 | T3 | P1 | P14 | P17 | P11 |
| PESO TARA | 9.76 | 12.07 | 7.12 | 7.25 | 4.76 | 7.14 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | 27.69 | 26.5 | 19.22 | 18.29 | 11.87 | 21 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | 25.51 | 24.09 | 17.36 | 16.28 | 10.37 | 18.85 |
| % H | 12.16 | 16.70 | 15.37 | 18.21 | 21.10 | 15.51 |
| GRAVEDAD ESPECIFICIDAD | | | | | | |
| PESO FIOLA | | | | 153.35 | | |
| PESO DE SOLIDO | | | | 253.35 | | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA | | | | 653.35 | | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA + AGUA (500ml) | | | | 712.09 | | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | | 1.30 | | |
| SALES TOTALES | | | | | | |
| PESO DE BACKERS | 176.85 | 172.6 | 175.16 | 166.72 | 175.48 | 166.64 |
| PESO DE BACKERS + SALES | 176.98 | 172.72 | 175.23 | 166.79 | 175.53 | 166.7 |
| PESO DE SALES | 0.13 | 0.12 | 0.07 | 0.07 | 0.05 | 0.06 |

4.1.2. Pimentel

| CALICATA N° 01 - PIMENTEL | | | | |
|---------------------------------------|---------|---------------|--------------|--------------|
| | | M1 | M2 | M3 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | |
| PESO INICIAL MUESTRA | | 511.46 | 501.05 | 523.83 |
| PESO FINAL DE SOLIDO + TARA | | 517.8 | 531.21 | 486.78 |
| PESO TARA | | 95.41 | 81.36 | 86.75 |
| PESO FINAL DE SOLIDO | | 422.39 | 449.85 | 400.03 |
| PESO AGUA | | 89.07 | 51.2 | 123.8 |
| %H | | 17.41 | 10.22 | 23.63 |
| GRANULOMETRIA | | | | |
| PESO INICIAL DE MUESTRA | | 554.64 | 531.06 | 640.05 |
| PESO INICIAL DE MUESTRA + TARA | | 425.67 | 509.83 | 515.02 |
| PESO DE TARA | | 61.25 | 62.82 | 87.14 |
| PESO SECO SOLIDO | | 364.42 | 447.01 | 427.88 |
| PESO DE FINOS LAVADOS | | 93.63 | 29.78 | 60.90 |
| % FINOS | | 16.88% | 5.61% | 9.52% |
| 3/4 | | 20.79 | 0 | 0 |
| 1/2 | | 0 | 0 | 0 |
| 3/8 | | 8.99 | 0 | 0 |
| 1/4 | | 0 | 0 | 0 |
| # 4 | | 61.88 | 0.09 | 0.25 |
| # 8 | | 24.3 | 0.48 | 1.47 |
| # 10 | | 26.08 | 1.08 | 0.89 |
| # 20 | | 46.66 | 14.85 | 3.04 |
| # 40 | | 0 | 0 | 0 |
| # 50 | | 70.2 | 90.27 | 175.71 |
| # 80 | | 0 | 0 | 0 |
| # 100 | | 61.53 | 305.01 | 195.76 |
| # 200 | | 42.19 | 33.81 | 48.65 |
| FONDO | | 1.31 | 1.42 | 1.7 |
| | | 363.93 | 447.01 | 427.47 |
| LIMITES LIQUIDO | | | | |
| N TARA | | L10 | P24 | L10 |
| N GOLPES | 30-35 | 35 | 35 | 35 |
| PESO TARA | | 17.69 | 7.27 | 17.69 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 0 | 0 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 0 | 0 |
| % H | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| N TARA | | L12 | P23 | P23 |
| N GOLPES | 20-25 | 24 | 25 | 25 |
| PESO TARA | | 7.65 | 7.29 | 7.29 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 0 | 0 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 0 | 0 |
| % H | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| N TARA | | L21 | L21 | L18 |
| N GOLPES | 10 - 15 | 15 | 13 | 14 |
| PESO TARA | | 26.81 | 26.81 | 26.94 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 0 | 0 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 0 | 0 |
| % H | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| LIMITE PLASTICO | | | | |
| N TARA | | T3 | P1 | T3 |
| PESO TARA | | 12.07 | 7.12 | 12.07 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 0 | 0 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 0 | 0 |
| % H | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| GRAVEDAD ESPECIFICIDAD | | | | |
| PESO FIOLA | | | 185.63 | |
| PESO DE SOLIDO | | | 100 | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA | | | 285.63 | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA + AGUA (500ml) | | | 742.81 | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | 2.34 | |
| SALES TOTALES | | | | |
| NUMERO DE BACKERS | | 12 | 13 | 11 |
| PESO DE BACKERS | | 50.32 | 48.12 | 48.37 |
| PESO DE BACKERS + SALES | | 51.66 | 48.82 | 49.4 |
| PESO DE SALES | | 1.34 | 0.7 | 1.03 |

| CALICATA N° 02 - PIMENTEL | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|--------------|---------------|
| | | M1 | M2 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | |
| PESO INICIAL MUESTRA | | 510.08 | 531.65 |
| PESO FINAL DE SOLIDO + TARA | | 527.42 | 499.44 |
| PESO TARA | | 74.21 | 84.6 |
| PESO FINAL DE SOLIDO | | 453.21 | 414.84 |
| PESO AGUA | | 56.87 | 116.81 |
| %H | | 11.15 | 21.97 |
| GRANULOMETRIA | | | |
| PESO INICIAL DE MUESTRA | | 536.11 | 549.5 |
| PESO INICIAL DE MUESTRA + TARA | | 525.56 | 214.22 |
| PESO DE TARA | | 61.43 | 62.38 |
| PESO SECO SOLIDO | | 464.13 | 151.84 |
| PESO DE FINOS LAVADOS | | 12.21 | 276.93 |
| % FINOS | | 2.28% | 50.40% |
| 3/4 | | 0 | 0 |
| 1/2 | | 0 | 0 |
| 3/8 | | 0 | 1.99 |
| 1/4 | | 0 | 0 |
| # 4 | | 0 | 0.53 |
| # 8 | | 0.02 | 0.69 |
| # 10 | | 0.07 | 1.29 |
| # 20 | | 0.13 | 3.33 |
| # 40 | | 0 | 0 |
| # 50 | | 11.07 | 1.71 |
| # 80 | | 0 | 0 |
| # 100 | | 387.18 | 48.1 |
| # 200 | | 64.97 | 86.55 |
| FONDO | | 0.69 | 7.69 |
| | | 464.13 | 151.88 |
| LIMITES LIQUIDO | | | |
| N GOLPES | 30-35 | 35 | 35 |
| | N TARA | P21 | L19 |
| | PESO TARA | 23.87 | 27.1 |
| | PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | 0 | 38.32 |
| | PESO TARA + MUESTRA SECA | 0 | 35.76 |
| | % H | 0.00 | 22.82 |
| N GOLPES | 20-25 | 21 | 25 |
| | N TARA | P17 | L22 |
| | PESO TARA | 7.03 | 26.12 |
| | PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | 0 | 38.18 |
| | PESO TARA + MUESTRA SECA | 0 | 34.65 |
| | % H | 0.00 | 29.27 |
| N GOLPES | 10 - 15 | 15 | 15 |
| | N TARA | P15 | L27 |
| | PESO TARA | 7.25 | 26.51 |
| | PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | 0 | 40.1 |
| | PESO TARA + MUESTRA SECA | 0 | 35.91 |
| | % H | 0.00 | 30.83 |
| LIMITE PLASTICO | | | |
| | N TARA | P16 | P13 |
| | PESO TARA | 7.28 | 5.89 |
| | PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | 0 | 12.89 |
| | PESO TARA + MUESTRA SECA | 0 | 11.64 |
| | % H | 0.00 | 17.86 |
| GRAVEDAD ESPECIFICIDAD | | | |
| PESO FIOLA | | 148.66 | |
| PESO DE SOLIDO | | 100 | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA | | 248.66 | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA + AGUA (500ml) | | 703.3 | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | 2.20 | |
| SALES TOTALES | | | |
| NUMERO DE BACKERS | | B1 | A1 |
| PESO DE BACKERS | | 173.85 | 167.7 |
| PESO DE BACKERS + SALES | | 174.92 | 168.83 |
| PESO DE SALES | | 1.07 | 1.13 |

| CALICATA N° 03 - PIMENTEL | | | | |
|---------------------------------------|---------|--------------|--------------|---------------|
| | | M1 | M2 | M3 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | |
| PESO INICIAL MUESTRA | | 500.77 | 509.04 | 537.02 |
| PESO FINAL DE SOLIDO + TARA | | 545 | 505.95 | 506.59 |
| PESO TARA | | 70.22 | 69.01 | 82.18 |
| PESO FINAL DE SOLIDO | | 474.78 | 436.94 | 424.41 |
| PESO AGUA | | 25.99 | 72.1 | 112.61 |
| %H | | 5.19 | 14.16 | 20.97 |
| GRANULOMETRIA | | | | |
| PESO INICIAL DE MUESTRA | | 529.97 | 550.82 | 657.13 |
| PESO INICIAL DE MUESTRA + TARA | | 541.99 | 499.87 | 274.37 |
| PESO DE TARA | | 53.46 | 59.51 | 62.46 |
| PESO SECO SOLIDO | | 488.53 | 440.36 | 211.91 |
| PESO DE FINOS LAVADOS | | 13.93 | 32.44 | 307.42 |
| % FINOS | | 2.63% | 5.89% | 46.78% |
| 3/4 | | 0 | 0 | 0 |
| 1/2 | | 0 | 0 | 0 |
| 3/8 | | 0 | 0 | 0 |
| 1/4 | | 0 | 0 | 0 |
| # 4 | | 0.12 | 0 | 4.56 |
| # 8 | | 0.18 | 0.34 | 4.76 |
| # 10 | | 0.27 | 2.6 | 4.77 |
| # 20 | | 0.37 | 79.26 | 2.81 |
| # 40 | | 0 | 0 | 0 |
| # 50 | | 30.18 | 45.99 | 4.11 |
| # 80 | | 0 | 0 | 0 |
| # 100 | | 357.52 | 251.19 | 87.98 |
| # 200 | | 95.44 | 56.18 | 92.73 |
| FONDO | | 4.45 | 2.23 | 8.82 |
| | | 488.53 | 437.79 | 210.54 |
| LIMITES LIQUIDO | | | | |
| N TARA | | L15 | L10 | L23 |
| N GOLPES | 30-35 | 35 | 35 | 35 |
| A + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 0 | 36.41 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 0 | 34.46 |
| PESO TARA | | 18.15 | 17.69 | 25.7 |
| % H | | 0.00 | 0.00 | 18.21 |
| N TARA | | L13 | L12 | L17 |
| N GOLPES | 20-25 | 25 | 25 | 25 |
| A + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 0 | 40.6 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 0 | 37.96 |
| PESO TARA | | 17.99 | 21.29 | 27.9 |
| % H | | 0.00 | 0.00 | 20.79 |
| N TARA | | L14 | L11 | L14 |
| N GOLPES | 10 - 15 | 15 | 15 | 13 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 0 | 30.61 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 0 | 27.8 |
| PESO TARA | | 17.95 | 18.1 | 17.95 |
| % H | | 0.00 | 0.00 | 22.20 |
| LIMITE PLASTICO | | | | |
| N TARA | | P1 | P4 | L15 |
| PESO TARA | | 7.12 | 7.27 | 18.15 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 0 | 27.2 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 0 | 26.01 |
| % H | | 0.00 | 0.00 | 13.15 |
| GRAVEDAD ESPECIFICIDAD | | | | |
| PESO FIOLA | | | 178.65 | |
| PESO DE SOLIDO | | | 100 | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA | | | 278.65 | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA + AGUA (500ml) | | | 732.58 | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | 2.17 | |
| SALES TOTALES | | | | |
| NUMERO DE BACKERS | | A12 | A7 | A9 |
| PESO DE BACKERS | | 174.93 | 171.28 | 173.78 |
| PESO DE BACKERS + SALES | | 176.01 | 172.52 | 175.53 |
| PESO DE SALES | | 1.08 | 1.24 | 1.75 |

| CALICATA N° 04 - PIMENTEL | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | M1 | M2 | M3 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | |
| PESO INICIAL MUESTRA | | 510.28 | 534.19 | 526.38 |
| PESO FINAL DE SOLIDO + TARA | | 519.49 | 475.4 | 435.57 |
| PESO TARA | | 79.9 | 69.58 | 71.4 |
| PESO FINAL DE SOLIDO | | 439.59 | 405.82 | 364.17 |
| PESO AGUA | | 70.69 | 128.37 | 162.21 |
| %H | | 13.85 | 24.03 | 30.82 |
| GRANULOMETRIA | | | | |
| PESO INICIAL DE MUESTRA | | 516.66 | 581.79 | 605.41 |
| PESO INICIAL DE MUESTRA + TARA | | 448.2 | 71.16 | 393.86 |
| PESO DE TARA | | 65.42 | 55.68 | 63.09 |
| PESO SECO SOLIDO | | 382.78 | 15.48 | 330.77 |
| PESO DE FINOS LAVADOS | | 62.31 | 426.50 | 88.08 |
| % FINOS | | 12.06% | 73.31% | 14.55% |
| 3/4 | | 0 | 0 | 0 |
| 1/2 | | 0 | 0 | 0 |
| 3/8 | | 0 | 0 | 0 |
| 1/4 | | 0 | 0 | 0 |
| # 4 | | 0.42 | 0.12 | 0.32 |
| # 8 | | 1.79 | 1.23 | 3.91 |
| # 10 | | 1.29 | 1.13 | 7.48 |
| # 20 | | 2.86 | 0.93 | 7.58 |
| # 40 | | 0 | 0 | 0 |
| # 50 | | 6.46 | 0.8 | 33.57 |
| # 80 | | 0 | 0 | 0 |
| # 100 | | 278.85 | 5.83 | 173.81 |
| # 200 | | 80.5 | 5.43 | 98.95 |
| FONDO | | 3.36 | 0.16 | 3.95 |
| | | 375.53 | 15.63 | 329.57 |
| LIMITES LIQUIDO | | | | |
| N TARA | | L16 | L23 | L23 |
| N GOLPES | 30-35 | 0 | 35 | 35 |
| A + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 38.32 | 36.41 |
| | PESO TARA + MUESTRA SECA | 0 | 35.76 | 34.46 |
| | PESO TARA | 27.9 | 27.1 | 25.7 |
| | % H | 0.00 | 22.82 | 18.21 |
| N TARA | | L17 | L22 | L22 |
| N GOLPES | 20-25 | 0 | 25 | 25 |
| A + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 38.18 | 40.6 |
| | PESO TARA + MUESTRA SECA | 0 | 34.65 | 37.96 |
| | PESO TARA | 27.9 | 26.12 | 27.9 |
| | % H | 0.00 | 29.27 | 20.79 |
| N TARA | | L18 | L27 | L27 |
| N GOLPES | 10 - 15 | 0 | 15 | 13 |
| A + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 40.1 | 30.61 |
| | PESO TARA + MUESTRA SECA | 0 | 35.91 | 27.8 |
| | PESO TARA | 26.45 | 26.51 | 17.95 |
| | % H | 0.00 | 30.83 | 22.20 |
| LIMITE PLASTICO | | | | |
| N TARA | | P10 | P13 | L15 |
| PESO TARA | | 7.35 | 5.89 | 17.99 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 12.89 | 27.2 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 11.76 | 25.97 |
| | % H | 0.00 | 16.14 | 13.36 |
| GRAVEDAD ESPECIFICIDAD | | | | |
| PESO FIOLA | | | 185.63 | |
| PESO DE SOLIDO | | | 100 | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA | | | 285.63 | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA + AGUA (500ml) | | | 745.63 | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | 2.50 | |
| SALES TOTALES | | | | |
| NUMERO DE BACKERS | | A2 | A11 | 102 |
| PESO DE BACKERS | | 170.29 | 171.52 | 171.67 |
| PESO DE BACKERS + SALES | | 171.35 | 172.7 | 171.88 |
| PESO DE SALES | | 1.06 | 1.18 | 0.21 |

| CALICATA N° 05 - PIMENTEL | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | M1 | M2 | M3 | M4 | B |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| PESO INICIAL MUESTRA | | 512.04 | 596.33 | 502.64 | 564.17 | 165.72 |
| PESO FINAL DE SOLIDO + TARA | | 568.2 | 548.07 | 450.29 | 509.4 | 181.71 |
| PESO TARA | | 71.9 | 76.77 | 59.56 | 60.79 | 71.9 |
| PESO FINAL DE SOLIDO | | 496.3 | 471.3 | 390.73 | 448.61 | 109.81 |
| PESO AGUA | | 15.74 | 125.03 | 111.91 | 115.56 | 55.91 |
| %H | | 3.07 | 20.97 | 22.26 | 20.48 | 33.74 |
| GRANULOMETRIA | | | | | | |
| PESO INICIAL DE MUESTRA | | 524.41 | 561.78 | 577.27 | 633.98 | 336.08 |
| PESO INICIAL DE MUESTRA + TARA | | 542.68 | 133.43 | 202.8 | 446.4 | 170.4 |
| PESO DE TARA | | 57.43 | 40.28 | 48.84 | 57.9 | 61.6 |
| PESO SECO SOLIDO | | 485.25 | 93.15 | 153.96 | 388.5 | 108.8 |
| PESO DE FINOS LAVADOS | | 23.04 | 350.84 | 294.78 | 115.62 | 113.89 |
| % FINOS | | 4.39% | 62.45% | 51.07% | 18.24% | 33.89% |
| 3/4 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/2 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3/8 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/4 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 4 | | 0.26 | 0.32 | 0.6 | 3.9 | 4.3 |
| # 8 | | 0.17 | 1.33 | 1.05 | 5.2 | 9.9 |
| # 10 | | 0.36 | 0.86 | 1.47 | 4.6 | 6.7 |
| # 20 | | 0.85 | 0.33 | 0.54 | 4.1 | 5.7 |
| # 40 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 50 | | 106.53 | 1.19 | 1.2 | 28.7 | 5.9 |
| # 80 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| # 100 | | 330.69 | 5 | 22.38 | 376.1 | 52.2 |
| # 200 | | 44.05 | 58.51 | 99.06 | 50.2 | 22.8 |
| FONDO | | 2.5 | 14.03 | 27.47 | 5.9 | 0.9 |
| | | 485.41 | 81.57 | 153.77 | 478.7 | 108.4 |
| LIMITES LIQUIDO | | | | | | |
| N TARA | | L6 | L19 | L1 | L27 | L19 |
| N GOLPES | 30-35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 46.8 | 36.36 | 52.06 | 0 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 42.75 | 32.84 | 45.65 | 0 |
| PESO TARA | | 7.32 | 27.1 | 22.82 | 26.51 | 9.67 |
| % H | | 0.00 | 20.56 | 26.00 | 25.09 | 0.00 |
| N TARA | | L5 | L16 | L2 | L26 | L15 |
| N GOLPES | 20-25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 39.86 | 33.36 | 44.15 | 0 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 37.05 | 29.35 | 39.44 | 0 |
| PESO TARA | | 18.07 | 27.9 | 18.07 | 25.47 | 17.99 |
| % H | | 0.00 | 23.49 | 26.23 | 25.21 | 0.00 |
| N TARA | | L4 | L20 | L3 | L25 | L7 |
| N GOLPES | 10 - 15 | 15 | 14 | 15 | 14 | 15 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 37.15 | 36.22 | 39.58 | 0 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 34.21 | 31.05 | 35.2 | 0 |
| PESO TARA | | 15.6 | 26.7 | 17.97 | 22.75 | 18.7 |
| % H | | 0.00 | 28.13 | 28.33 | 26.02 | 0.00 |
| LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| N TARA | | P2 | P26 | P1 | P14 | P17 |
| PESO TARA | | 9.76 | 4.64 | 7.12 | 7.25 | 4.76 |
| PESO TARA + MUESTRA HUMEDA | | 0 | 13.84 | 19.22 | 18.29 | 0 |
| PESO TARA + MUESTRA SECA | | 0 | 12.31 | 17.36 | 16.28 | 0 |
| % H | | 0.00 | 16.63 | 15.37 | 18.21 | 0.00 |
| GRAVEDAD ESPECIFICIDAD | | | | | | |
| PESO FIOLA | | | | 178.65 | | |
| PESO DE SOLIDO | | | | 253.35 | | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA | | | | 678.65 | | |
| PESO DE SOLIDO + FIOLA + AGUA (500ml) | | | | 712.09 | | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | | 2.45 | | |
| SALES TOTALES | | | | | | |
| NUMERO DE BACKERS | | | | | | |
| PESO DE BACKERS | | 175.85 | 171.6 | 174.06 | 165.52 | 174.18 |
| PESO DE BACKERS + SALES | | 176.98 | 172.72 | 175.23 | 166.79 | 175.53 |
| PESO DE SALES | | 1.13 | 1.12 | 1.17 | 1.27 | 1.35 |

4.1.3. Clasificación

| | | | |
|------------------------------|-------------|------------|------------------------------|
| SUELO GRANULAR (ARENA) | PIMENTEL | CALICATA 1 | ARENA POBREMENTE GRADUADA |
| | PIMENTEL | CALICATA 5 | |
| | LA VICTORIA | CALICATA 1 | ARENA LIMOSA |
| | LA VICTORIA | CALICATA 2 | |
| | LA VICTORIA | CALICATA 3 | |
| | PIMENTEL | CALICATA 4 | ARENA ARCILLOSA |
| LA VICTORIA | CALICATA 4 | | |

| | | | |
|------------------------------|-------------|------------|--------------------------------|
| SUELO BLANDO (ARCILLA) | LA VICTORIA | CALICATA 5 | ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD |
| | PIMENTEL | CALICATA 2 | |
| | PIMENTEL | CALICATA 3 | |

4.2. Estado de Alteración del Nivel Freático

4.2.1. Arena

| | PROMEDIO TIPO DE SUELO ARENA | | |
|----------|------------------------------|---------------|---------------|
| | VARIACIÓN N-1 | VARIACIÓN 1-3 | VARIACIÓN 3-5 |
| % H | -6.17% | -8.32% | -14.19% |
| % FINOS | -2.41% | -3.15% | -3.01% |
| L.L | | | |
| L.P | | | |
| I.P | | | |
| G.E | 3.89% | 5.88% | 7.63% |
| ANGULO | 3.79% | 5.19% | 7.80% |
| COHESION | | | |

4.2.2. Arcilla

| | PROMEDIO TIPO DE SUELO ARCILLA | | |
|----------|--------------------------------|---------------|---------------|
| | VARIACIÓN N-1 | VARIACIÓN 1-3 | VARIACIÓN 3-5 |
| % H | -5.80% | -7.02% | -12.29% |
| % FINOS | -8.38% | -9.29% | -14.98% |
| L.L | | | |
| L.P | | | |
| I.P | 27.45% | 33.40% | 40.70% |
| G.E | 6.17% | 7.07% | 9.55% |
| ANGULO | 4.09% | 5.72% | 7.62% |
| COHESION | 1.61% | 1.83% | 1.89% |

4.3. Estado de Alteración Nivel freático más Confinamiento Lateral

4.3.1. Arena

| | PROMEDIO TIPO DE SUELO ARENA | | |
|----------|------------------------------|---------------|---------------|
| | VARIACIÓN N-1 | VARIACIÓN 1-3 | VARIACIÓN 3-5 |
| % H | -9.64% | -11.96% | -15.64% |
| % FINOS | -6.46% | -8.47% | -10.65% |
| L.L | | | |
| L.P | | | |
| I.P | | | |
| G.E | 4.61% | 6.20% | 8.46% |
| ANGULO | -8.15% | -11.57% | -13.53% |
| COHESION | -10.45% | -21.72% | -26.79% |

4.3.2. Arcilla

| | PROMEDIO TIPO DE SUELO ARCILLA | | |
|----------|--------------------------------|---------------|---------------|
| | VARIACIÓN N-1 | VARIACIÓN 1-3 | VARIACIÓN 3-5 |
| % H | -14.04% | -19.15% | -22.84% |
| % FINOS | -19.00% | -24.10% | -28.20% |
| L.L | | | |
| L.P | | | |
| I.P | 46.01% | 49.16% | 56.04% |
| G.E | 8.25% | 9.81% | 11.90% |
| ANGULO | 0.87% | 1.42% | 1.84% |
| COHESION | -2.18% | -3.53% | -4.87% |

4.4. Estado de Alteración de Confinamiento Lateral

4.4.1. Arena

| | PROMEDIO TIPO DE SUELO ARENA | | | | | |
|----------|------------------------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|
| | VARIACIÓN N-1 | | VARIACIÓN 1-3 | | VARIACIÓN 3-5 | |
| % H | -16.38% | -18.11% | -28.97% | -32.83% | -43.64% | -46.88% |
| % FINOS | -0.32% | -1.91% | -0.99% | -2.45% | -0.48% | -4.55% |
| L.L | | | | | | |
| L.P | | | | | | |
| I.P | | | | | | |
| G.E | -5.18% | -5.51% | -6.89% | -7.15% | -11.87% | -12.22% |
| ANGULO | -17.76% | -20.66% | -28.10% | -31.88% | -42.52% | -44.26% |
| COHESION | -10.47% | -12.77% | -25.63% | -26.19% | -51.43% | -52.55% |

4.4.2. Arcilla

| PROMEDIO TIPO DE SUELO ARCILLA | | | | | | |
|--------------------------------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|
| | VARIACIÓN N-1 | | VARIACIÓN 1-3 | | VARIACIÓN 3-5 | |
| % H | -8.87% | -11.54% | -11.38% | -13.47% | -17.34% | -19.62% |
| % FINOS | 0.15% | 0.09% | 0.21% | 0.14% | 0.53% | -0.15% |
| L.L | | | | | | |
| L.P | | | | | | |
| I.P | 20.03% | 9.42% | 36.48% | 19.41% | 38.88% | 20.87% |
| G.E | -2.22% | -3.16% | -4.55% | -7.39% | -6.52% | -9.18% |
| ANGULO | 5.94% | 5.70% | 14.19% | 13.42% | 25.35% | 22.26% |
| COHESION | -4.55% | -12.77% | -17.35% | -24.71% | -30.86% | -41.98% |

4.5. Trabajo de Aplicación

4.5.1. Estado de Alteración Nivel Freático

| PROTOTIPO SUELO GRANULAR | | NATURAL | VARIACIÓN | 1 DIA | VARIACIÓN | 3 DIA | VARIACIÓN | 5 DIA |
|--------------------------------|---------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|
| | % H | 24.54% | -14.03% | 21.52% | -17.81% | 20.83% | -24.00% | 19.79% |
| % FINOS | 27.49% | -15.60% | 23.78% | -27.33% | 21.59% | -40.04% | 19.63% | |
| L.L | | | | | | | | |
| L.P | | | | | | | | |
| I.P | | | | | | | | |
| G.E | 2.13000 | 6.17% | 2.2700 | 8.58% | 2.3300 | 10.50% | 2.3800 | |
| ANGULO | 17.5800 | -5.08% | 16.7300 | -8.05% | 16.2700 | -11.55% | 15.76000 | |
| COHESION | | | | | | | | |

| PROTOTIPO SUELO BLANDO | | NATURAL | VARIACIÓN | 1 DIA | VARIACIÓN | 3 DIA | VARIACIÓN | 5 DIA |
|---------------------------|---------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|
| | % H | 22.89% | -6.17% | 21.56% | -10.37% | 20.74% | -15.14% | 19.88% |
| % FINOS | 51.27% | -9.74% | 46.72% | -12.29% | 45.66% | -13.88% | 45.02% | |
| L.L | 21.41% | 14.43% | 25.02% | 14.74% | 25.11% | 16.11% | 25.52% | |
| L.P | 11.76% | -6.52% | 11.04% | -8.99% | 10.79% | -12.00% | 10.50% | |
| I.P | 9.65% | 30.97% | 13.98% | 32.61% | 14.32% | 35.75% | 15.02% | |
| G.E | 1.35000 | 6.25% | 1.4400 | 8.78% | 1.4800 | 10.60% | 1.5100 | |
| ANGULO | 17.0500 | 1.39% | 17.2900 | 1.73% | 17.3500 | 2.07% | 17.41000 | |
| COHESION | 0.1050 | -2.34% | 0.1026 | -3.86% | 0.1011 | -5.32% | 0.09970 | |

4.5.2. Estado de Alteración Nivel Freático más Confinamiento Lateral

| PROTOTIPOSUELO GRANULAR | | N | VARIACIÓN | 1 C | VARIACIÓN | 3 D | VARIACIÓN | 5 D |
|-------------------------|----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|
| | % H | 21.72% | -7.74% | 20.16% | -14.02% | 19.05% | -16.90% | 18.58% |
| | % FINOS | 26.73% | -17.13% | 22.82% | -33.25% | 20.06% | -40.24% | 19.06% |
| | L.L | | | | | | | |
| | L.P | | | | | | | |
| | I.P | | | | | | | |
| | G.E | 2.1800 | 3.96% | 2.2700 | 6.84% | 2.3400 | 9.17% | 2.40 |
| | ANGULO | 16.7300 | -9.49% | 15.2800 | -18.57% | 14.1100 | -19.59% | 13.99 |
| | COHESION | | | | | | | |

| PROTOTIPO SUELO BLANDO | | NATURAL | VARIACIÓN | 1 DIA | VARIACIÓN | 3 DIA | VARIACIÓN | 5 DIA |
|------------------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| | % H | 21.97% | -16.12% | 18.92% | -21.92% | 18.02% | -24.26% | 17.68% |
| | % FINOS | 50.40% | -19.69% | 42.11% | -24.20% | 40.58% | -28.37% | 39.26% |
| | L.L | 27.64% | 10.52% | 30.89% | 13.95% | 32.12% | 17.71% | 33.59% |
| | L.P | 17.86% | -11.49% | 16.02% | -11.90% | 15.96% | -33.58% | 13.37% |
| | I.P | 9.78% | 34.23% | 14.87% | 39.48% | 16.16% | 51.63% | 20.22% |
| | G.E | 1.3100 | 7.75% | 1.4200 | 10.27% | 1.4600 | 12.08% | 1.4900 |
| | ANGULO | 17.22000 | 0.52% | 17.3100 | 0.92% | 17.3800 | 1.09% | 17.4100 |
| | COHESION | 0.106000 | -3.31% | 0.102600 | -4.64% | 0.1013000 | -6.00% | 0.10000 |

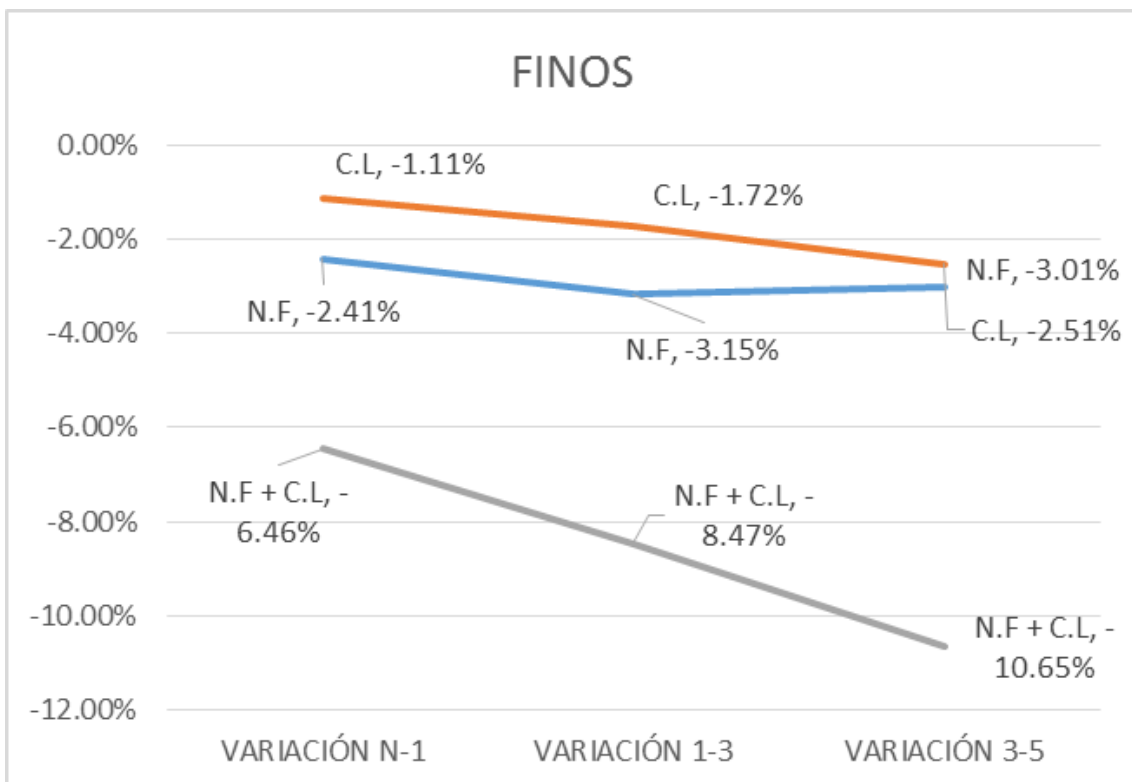
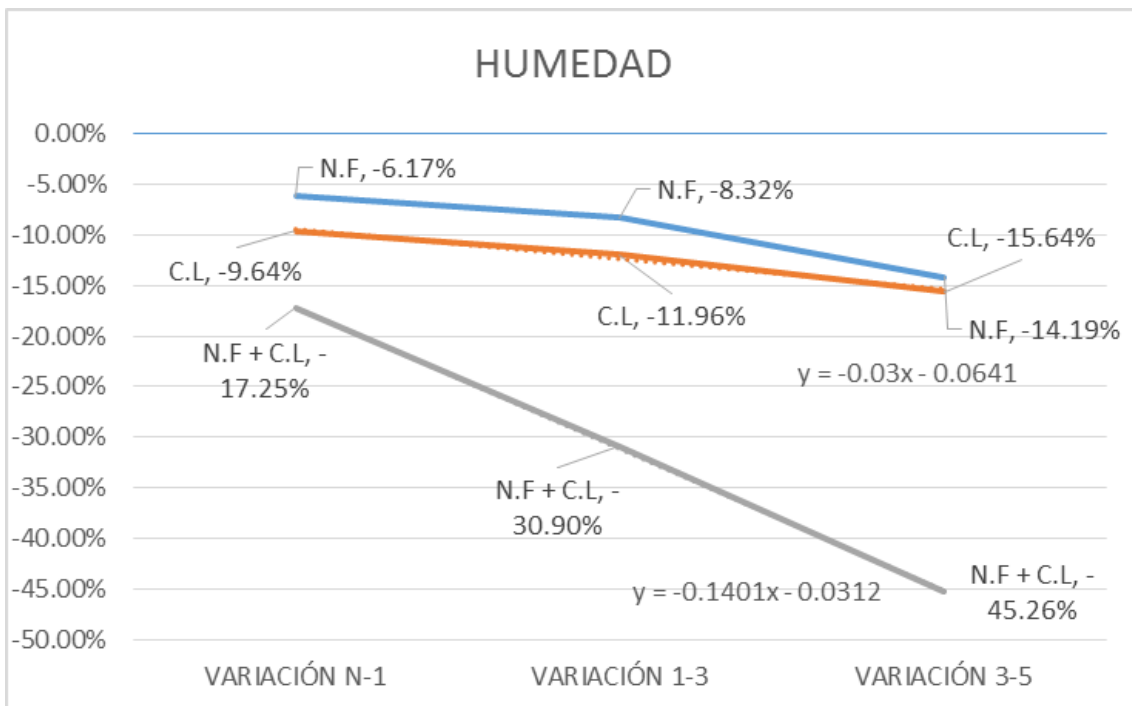
4.5.3. Estado de Alteración Confinamiento Lateral

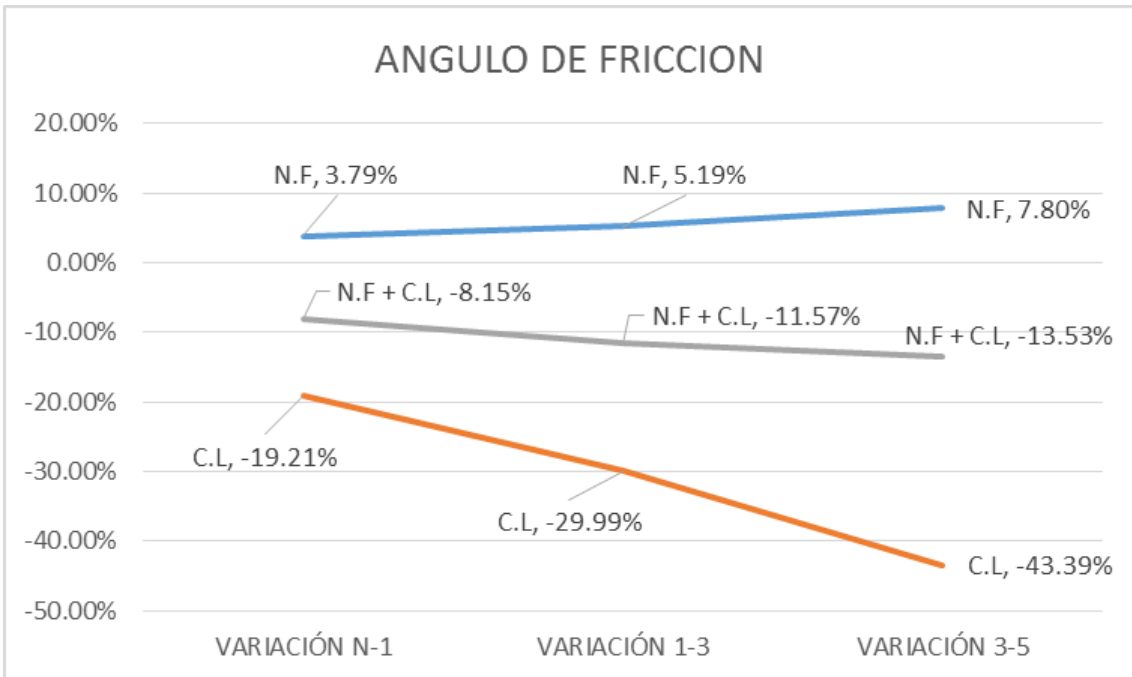
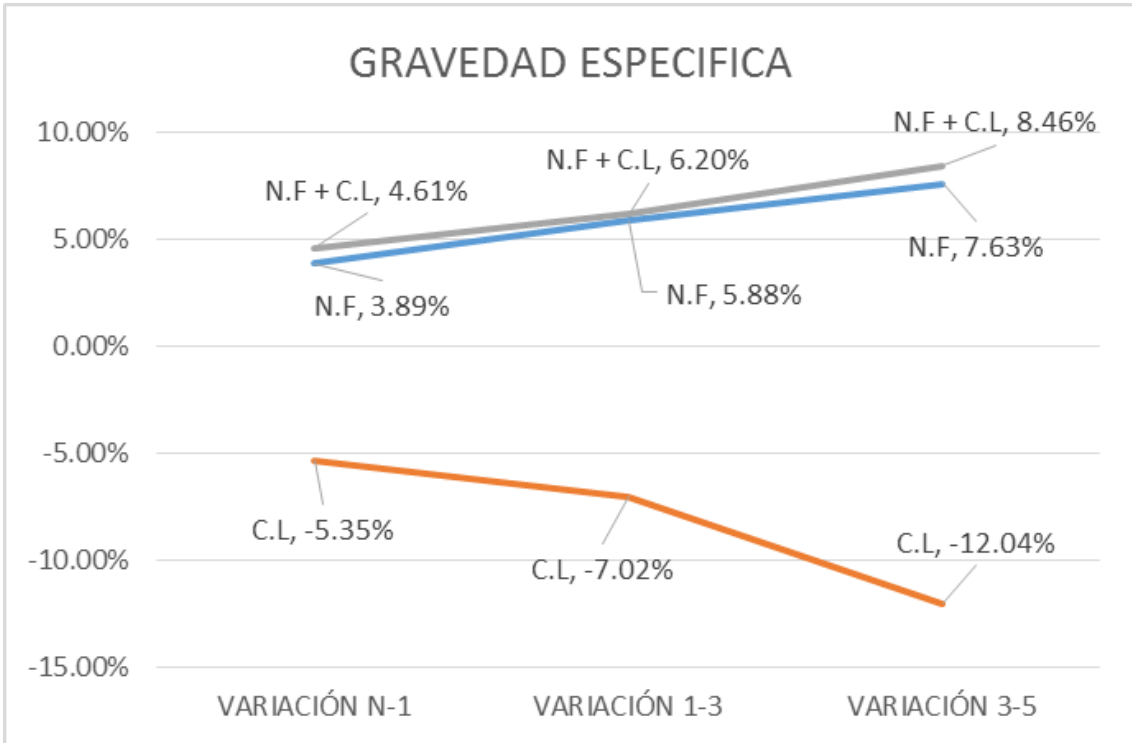
| PROTOTIPOSUELO GRANULAR | | NATURAL | VARIACIÓN | 1 DIA | VARIACIÓN | 3 DIA | VARIACIÓN | 5 DIA |
|-------------------------|----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|----------|
| | % H | 24.54% | -14.03% | 21.52% | -17.81% | 20.83% | -24.00% | 19.79% |
| | % FINOS | 27.49% | -15.60% | 23.78% | -27.33% | 21.59% | -40.04% | 19.63% |
| | L.L | | | | | | | |
| | L.P | | | | | | | |
| | I.P | | | | | | | |
| | G.E | 2.13000 | 6.17% | 2.2700 | 8.58% | 2.3300 | 10.50% | 2.3800 |
| | ANGULO | 17.5800 | -5.08% | 16.7300 | -8.05% | 16.2700 | -11.55% | 15.76000 |
| | COHESION | | | | | | | |

| PROTOTIPO SUELO BLANDO | | NATURAL | VARIACIÓN | 1 DIA | VARIACIÓN | 3 DIA | VARIACIÓN | 5 DIA |
|------------------------|----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|----------|
| | % H | 22.89% | -6.17% | 21.56% | -10.37% | 20.74% | -15.14% | 19.88% |
| | % FINOS | 51.27% | -9.74% | 46.72% | -12.29% | 45.66% | -13.88% | 45.02% |
| | L.L | 21.41% | 14.43% | 25.02% | 14.74% | 25.11% | 16.11% | 25.52% |
| | L.P | 11.76% | -6.52% | 11.04% | -8.99% | 10.79% | -12.00% | 10.50% |
| | I.P | 9.65% | 30.97% | 13.98% | 32.61% | 14.32% | 35.75% | 15.02% |
| | G.E | 1.35000 | 6.25% | 1.4400 | 8.78% | 1.4800 | 10.60% | 1.5100 |
| | ANGULO | 17.0500 | 1.39% | 17.2900 | 1.73% | 17.3500 | 2.07% | 17.41000 |
| | COHESION | 0.1050 | -2.34% | 0.1026 | -3.86% | 0.1011 | -5.32% | 0.09970 |

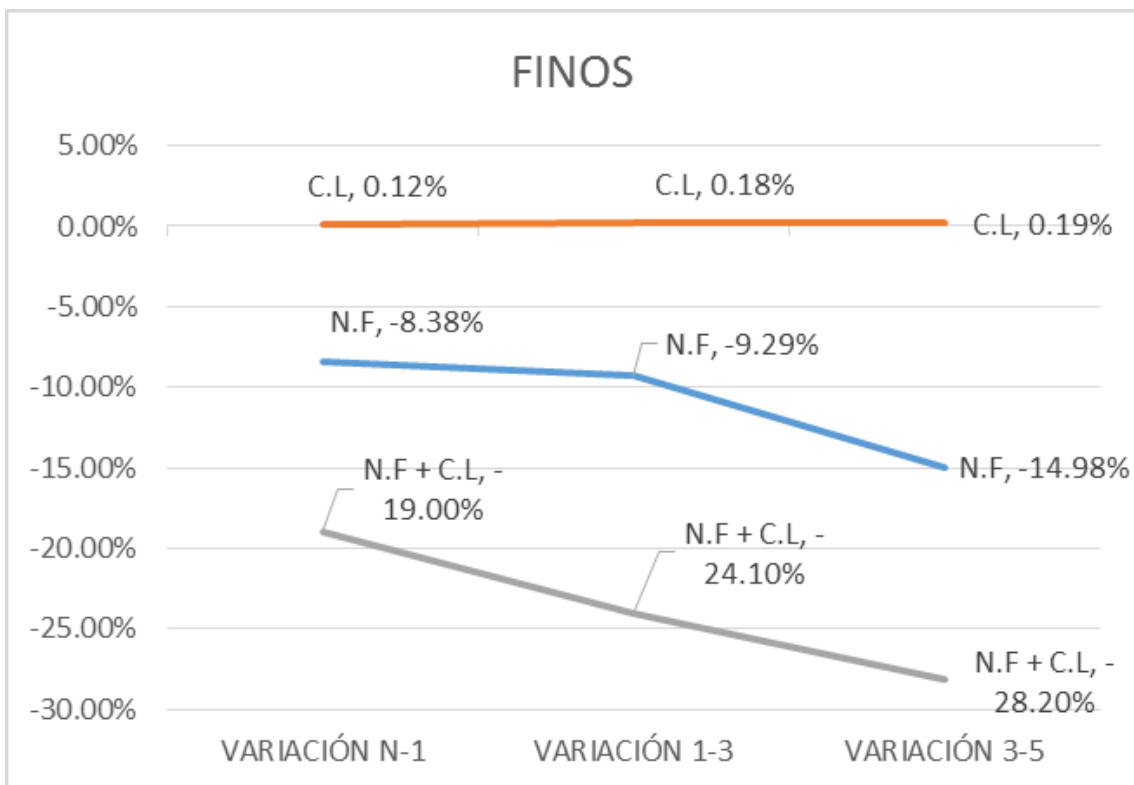
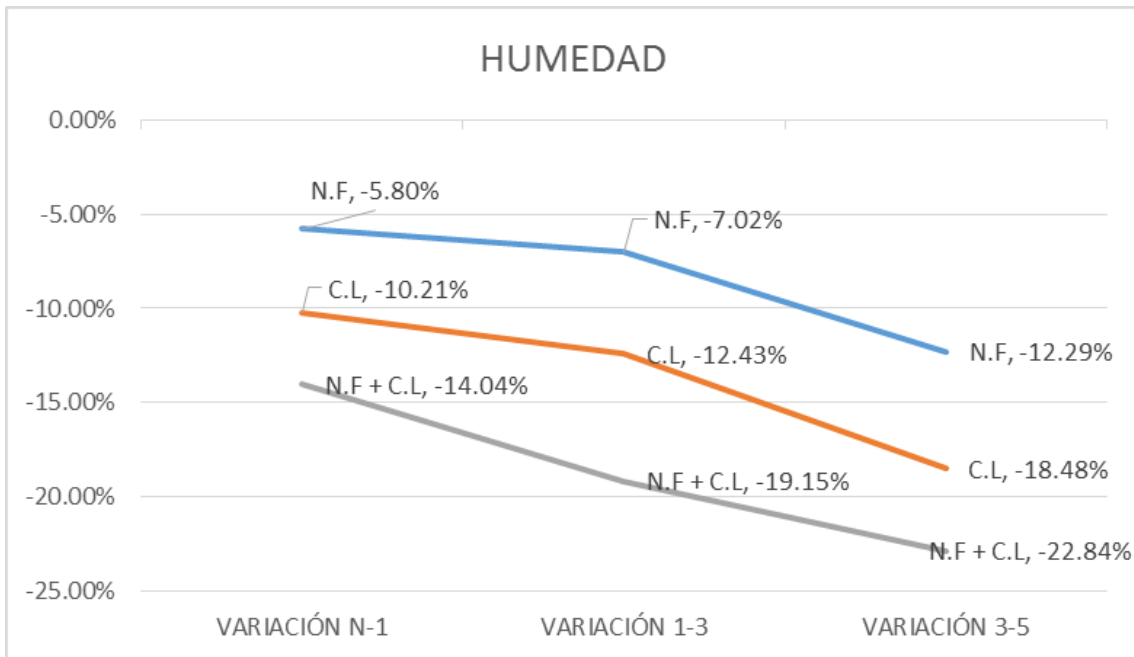
4.6. Parámetro de variación. Resultados promedios

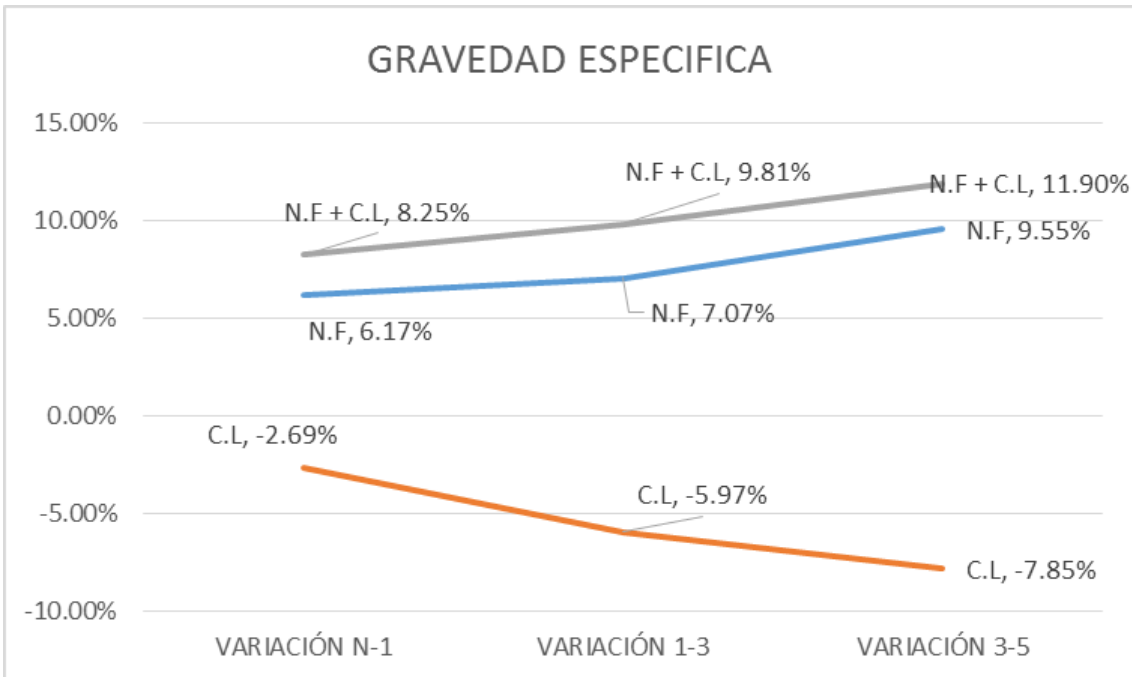
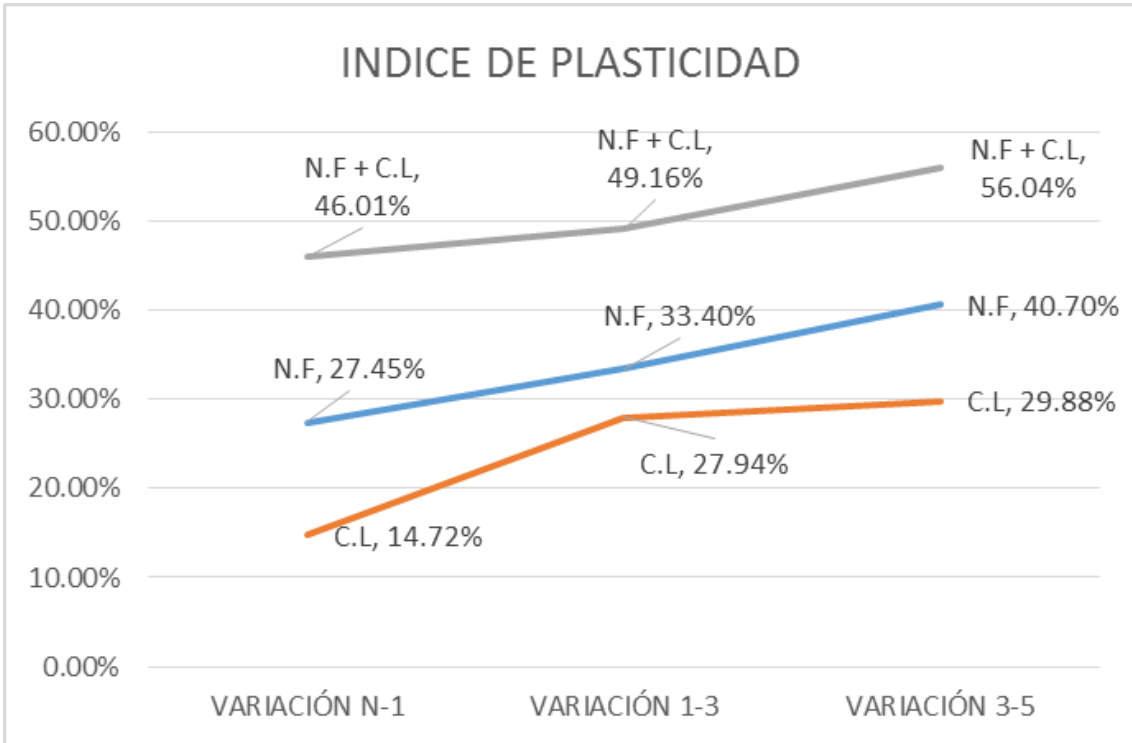
4.6.1. Arena

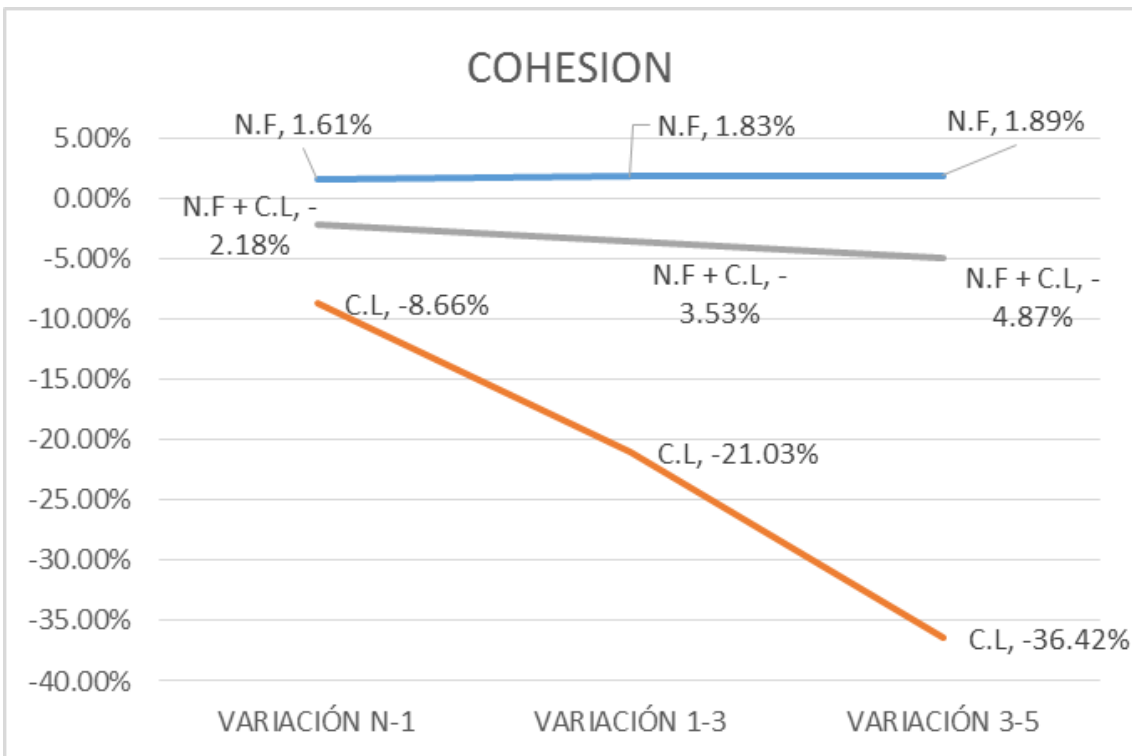
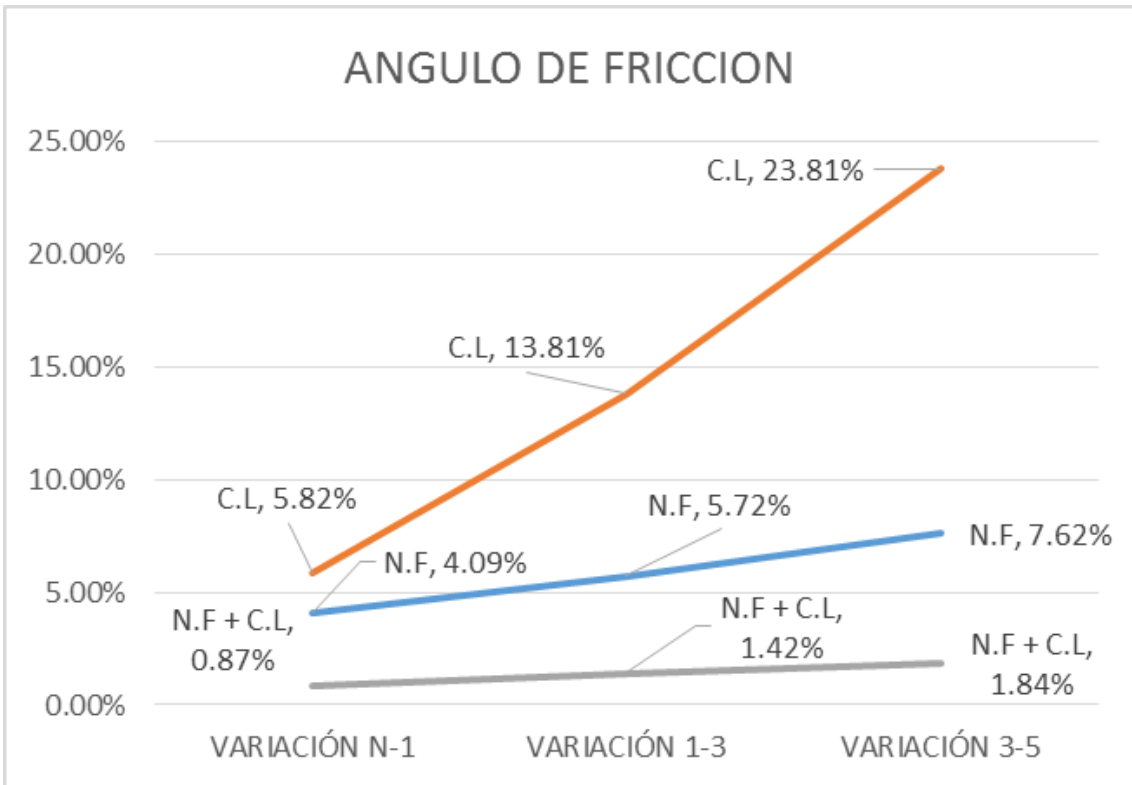




4.6.2. Arcilla







V. DISCUSIÓN

En los resultados obtenidos se puede apreciar la variación que se resalta entre las propiedades en su estado natural con respecto a la alteración en el transcurso de 5 días. La comparación se ha basado con respecto al primero, tercero y quinto día de modelamiento.

En el análisis de las propiedades con respecto a las alteraciones se resaltara la conexión directa que se tendrá con la variación de pérdidas de finos, ya que es la causa principal que variará todas las propiedades.

5.1. Alteración del nivel freático

En el suelo granular se aprecia una mayor variación en la humedad con respecto al suelo blando; esto debido a que el agua retenida es producto de las reacciones intermoleculares que tienen los finos con las moléculas del agua, como el suelo granular tiene un bajo porcentaje de finos estos al perderse se resaltarán más la variación ya que en el caso del suelo blando aun quedará mayor porcentaje de finos para retener el agua.

Con respecto a la variación de pérdidas de finos, se aprecia más en los suelos granulares debido que es de mayor porcentaje la parte granular que la parte de finos es por eso que los resultados cuantitativos son mayores, ya que en los suelos blandos se pierden partículas que pertenecen al porcentaje mayor que componen el suelo.

En el caso de la gravedad específica, la muestra alterada en el suelo granular se aprecia más el porcentaje de partículas no finas inclinándose la muestra a una tendencia de arena debido a que el porcentaje de finos reduce.

De esta forma se expresa la poca variación que se ve en los suelos granulares con respecto al Angulo de fricción, ya que internamente el suelo ya mostraba las interacciones de las partículas entre sí; es por eso que cuando se analiza en los suelos blandos se ve un crecimiento alto ya que se creara más interacciones de partículas debido a la pérdida de finos.

Con respecto al índice de plasticidad en los suelos blandos se aprecia un aumento de porcentaje de agua para poder entrar al estado plástico ya que debido a la pérdida de finos pierde la propiedad de retener el agua.

5.2. Alteración de confinamiento lateral

En el suelo granular ya se incrementa la variación de la humedad con respecto a la alteración por nivel freático, eso debido a que no está en contacto con el agua y se perderá esta humedad por la transpiración y/o capilaridad del suelo. En el caso del suelo blando, son más las partículas

que retienen el agua, pero a su vez por no estar en contacto con ella, es mayor el porcentaje de la pérdida de capacidad para retener el agua. Con respecto a la pérdida de finos se apreció una mayor pérdida en los suelos granulares, esto por el desplazamiento que se apreciaba en el suelo, y parte de la materia perdida se iban los finos. En el caso del suelo blando es muy baja la variación que se aprecia, debido a que no se presenta el arrastre de finos.

En el caso del índice de plasticidad en los suelos blandos, se aprecia un aumento en su variación, esto es porque el suelo necesitará más porcentaje de agua para poder pasar al estado plástico.

En el suelo granular resalta la variación del ángulo de fricción ya que pierde la interacción entre moléculas quedando mayor porcentaje de vacíos desuniendo las partículas entre sí. En el suelo blando pasa lo contrario habiendo un aumento del ángulo de fricción, ya que el suelo se convierte en un estado de endurecimientos por las conexión que se encuentra entre sí, ya que por más bajo contacto con el agua, respalda la difícil pérdida de humedad de las partículas internas.

El suelo blando también resalta una gran variación en la cohesión, ya que las partículas más superficiales pierden agua y de esta forma deja de tener una reacción más completa entre todas las partículas.

5.3. Alteración de nivel freático y confinamiento lateral

En este estado de alteración se magnifica las variaciones vistas anteriormente, ya que la pérdida de finos es producida por dos situaciones, tanto el lavado de finos que se produce en la alteración del nivel freático como con la alteración de confinamiento lateral.

Es por eso apreciará una disminución drástica en la pérdida de finos, llevando a la poca retención de agua que tendrá el suelo, dejando en gran porcentaje partículas de mayor tamaño inclinando el comportamiento de la arena. Así también se explica el aumento en el índice de plasticidad ya que no se encuentra el porcentaje necesario de finos para que retengan el agua, así de esta forma dificultando el cambio al estado plástico del suelo.

VI. CONCLUSIONES

- Con los resultados ya obtenidos se puede apreciar que si existen una variación de las propiedades tanto como en suelo granular y suelo blando. El comportamiento de estas variaciones es de forma lineal dando su mayor variación de propiedades ente el primer y tercer día.
- Estas alteraciones repercuten en propiedades fundamentales para el uso ingenieril, como límites de consistencia de Attemberg, Angulo de fricción y cohesión. Sabiendo el comportamiento lineal de variación nos podemos proyectar en cómo se desarrolla el desgaste del suelo por medio de estas alteraciones.
- También se puede apreciar la variación lineal en las propiedades como contenido de humedad, y porcentaje de finos que posee. Estas propiedades son utilizadas en el diseño de pavimentos y se pueden apreciar en los ensayos respectivos tales como CBR y PROCTOR MODIFICADO. Sabiendo la variación lineal se puede realizar una proyección para la mitigación de aquellas fallas que se producen en la pavimentación, resultado que se produce por la variación de humedad y arrastres de finos que se provocan por el contacto con el agua.
- Teniendo el comportamiento de la variación de las propiedades, se pueden ajustar las teorías ya establecidas para suelos que afronten las condiciones estudiadas. Este reajuste traería una disminución en el factor de seguridad (la cual se logra por conocer mejor el comportamiento del suelo), y así un cambio en cadena con los cálculos que nacen de la intervención de dichas variedades.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Badillo Juarez, Eulalio, y Alfoso Rodríguez Rico. Mecánica de suelos. Tomo I. Mexico: Limusa, 2011.
- Braja M., Das. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Mexico: Thomson learning, 2013.
- Peck, Ralph, Walter Hanson, y Thomas Thornburn. Ingeniería Cimentaciones. Mexico, 2008.
- Peter L., Berry, y Bernardo Caicedo H. Mecánica de suelos. Bogota: Mc Graw Hill, 1993.
- Rodriguez Diaz, J. Abraham. Mecánica de suelos. Naturaleza y Propiedades. Mexico: Trillas, 2014.
- Salvador Sobrecases, Marti. «Mecánica de Suelos II.» Chiclayo, 2014.
- Universidad Nacional De Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. «Mecánica de Suelos Aplicada cimentaciones Superficiales.» Lima, 2000. 25-26.

VIII. ANEXOS

ANEXO1: FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA 1.1: EXCAVACIÓN MANUAL



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.2: MÁQUINA DE LOS ÁNGELES



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.3: DESCRIPCIÓN VISUAL DE CALICATAS



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.4: MUESTREO DE CALICATAS



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.5: VISUALIZACIÓN CALICATA N° 1 Y 3



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.6: VISUALIZACIÓN CALICATA N° 1 Y 4



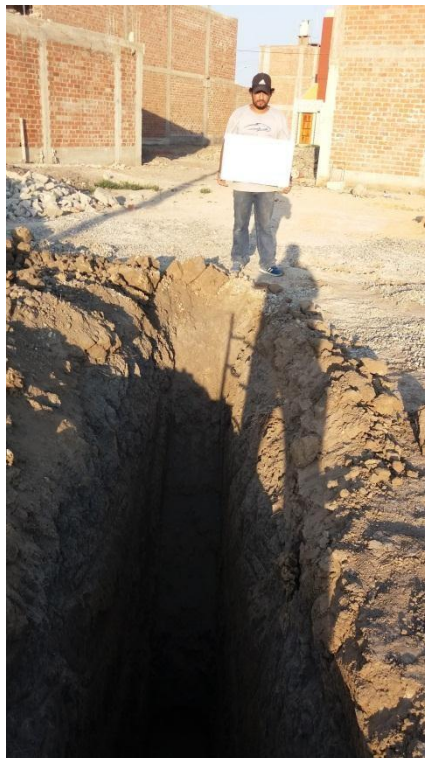
FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.7: VISUALIZACIÓN CALICATA N° 5



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.8: VISUALIZACIÓN CALICATA N° 5



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.9: MUESTRAS ALTERADAS LA VICTORIA



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.10: MUESTRAS ALTERADAS LA VICTORIA



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.11: MUESTREO TUBO DE PARED DELGADA



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.12: MUESTRAS INALTERADAS



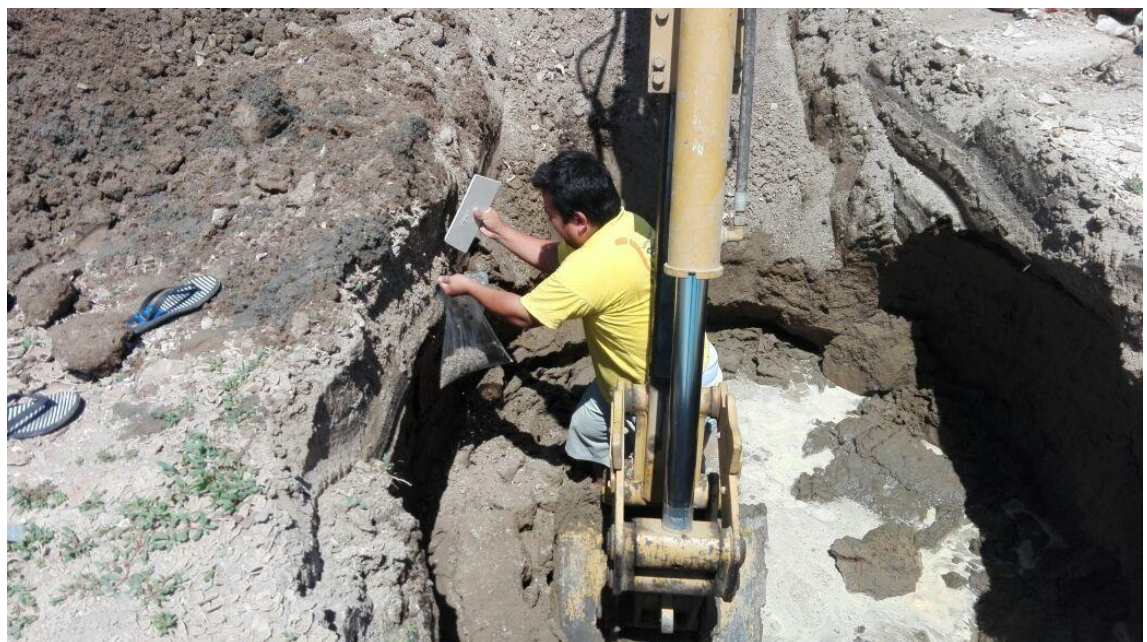
FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.13: DESCRIPCIÓN VISUAL. PIMENTEL



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.14: MUESTREO PIMENTEL



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.15: IDENTIFICACIÓN BETA ENCONTRADA



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.16: DERRUMBE DE PAREDES DE CONFINAMIENTO



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.17: ESTRATIFICACIÓN PIMENTEL



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.18: MUESTRAS INALTERADAS



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.19: ELECCIÓN DE MUESTRAS PARA BOMBEO



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.20: RESIDUOS DE BOMBEO



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.21: FINOS ARRASTRADOS



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.22: SISTEMA DE BOMBEO



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.23: MODELO DE APLICACIÓN



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.24: MUESTRAS MODELADAS



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.25: MODELO DE APLICACIÓN



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.26: MUESTREO PARA COMPRESIÓN SIMPLE



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.27: RESIDUOS DE FINOS PERDIDOS



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.28: MUESTRA SECA DE FINOS PERDIDOS



FUENTE: PROPIA

FOTOGRAFÍA 1.22: ALTERACIÓN DE CONDINAMIENTO LATERAL



FUENTE: PROPIA

**ANEXO 2: INFORMES DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE
SUELOS**